

Technische Universität Dresden
Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“
Institut für Wirtschaft und Verkehr
Professur für Verkehrswirtschaft und internationale Verkehrspolitik
Prof. Dr. rer. pol. habil. B. Wieland



Bachelorarbeit

Ökonomische Effekte von Schieneninfrastrukturmaßnahmen

zur Erreichung des akademischen Grades Bachelor of Science (B.Sc.)

vorgelegt von: Horlemann, Jonas
Matrikelnummer 3765114
Hochschulstraße 46
01069 Dresden

Erstprüfer: Prof. Dr. rer. pol. habil. Bernhard Wieland
Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. pol. habil. Georg Hirte
Wiss. Betreuer: Dipl.-Verkehrswirtschaftler Ronny Püschel
Betreuer DLR: Dipl.-Wi.-Ing. (FH) Anja Bussmann

Dresden, im August 2014

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	iv
Abbildungsverzeichnis	v
Abkürzungsverzeichnis	vi
Symbolverzeichnis	vii
1. Einleitung	1
1.1. Definition und Abgrenzung	1
1.2. Aufbau der Arbeit	3
2. Bewertungsverfahren	4
2.1. Bundesverkehrswegeplan	4
2.2. Methodik der Integrierten Bewertung des DLR	6
3. Theoretische Grundlagen der Kosten-Nutzen-Analyse	9
3.1. Allgemeine Grundlagen der Kosten-Nutzen-Analyse	9
3.2. Mikroökonomische Grundlagen der Kosten-Nutzen-Analyse	12
3.2.1. Das Konzept des Sozialen Überschusses	13
3.2.2. Kompensierende Variation	14
3.2.3. Äquivalente Variation	16
3.2.4. Konzeptionelle Probleme der Marshall'schen Konsumentenrente . . .	18
3.2.5. Kompensierte Hicks-Nachfragefunktionen	21
3.2.6. Wohlfahrtsveränderungskriterien	23
4. Ökonomische Effekte von Schieneninfrastrukturmaßnahmen	25
4.1. Makroökonomische Analyse	26
4.2. Mikroökonomische Analyse	29
4.2.1. Interne Effekte	33
4.2.2. Pekuniäre Effekte	37
4.2.3. Technologische externe Effekte	38
4.2.4. Eignung für Bewertungsverfahren	43
4.3. Ausblick: Allgemeine Gleichgewichtsmodelle	45
5. Beispiel	46
5.1. Design und Abgrenzung des Minimalbeispiels	46
5.2. Wirkungskette und betroffene Gruppen	47
5.3. Effekte der Verkehrsverlagerung	49

6. Fazit	51
A. Anhang	viii
A.1. Outputelastizität einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion	viii
A.2. Pfadabhängigkeitsproblem	ix
A.3. Total benefit Methode	x
A.4. Beispiele für verkehrliche und nichtverkehrliche Nutzen	xii
A.5. Nichtverkehrliche Nutzen	xiii
Literaturverzeichnis	xv
Ehrenwörtliche Erklärung	xix

Tabellenverzeichnis

3.1. Zusammenhang zwischen WTP/WTB und CV/EV	18
4.1. Klassifizierung der Effekte in der Kosten-Nutzen-Analyse	30
5.1. Effekte der Schieneninfrastrukturmaßnahme und betroffene Gruppen	48
A.1. Beispiele für verkehrliche und nichtverkehrliche Nutzen	xii

Abbildungsverzeichnis

2.1. Gesamtprozess des BVWP 2015	5
2.2. Beispielhafte Wirkungskette des Integrierten Bewertungsverfahrens des DLR	8
3.1. Konsumenten- und Produzentenrente	13
3.2. Kompensierende Variation bei einer Preissenkung	14
3.3. Kompensierende Variation bei einer Preissteigerung	15
3.4. Äquivalente Variation bei einer Preissenkung	16
3.5. Äquivalente Variation bei einer Preissteigerung	17
3.6. Hicks-Einkommenseffekt	19
3.7. Marshall-Nachfragefunktion und Hicks-kompensierte Nachfragefunktionen	21
3.8. Pareto-Effizienz	23
4.1. Interne, externe und pekuniäre verkehrliche und nichtverkehrliche Nutzen	32
4.2. Effekte innerhalb des Primärmarktes	33
4.3. Interne Effekte im Markt für Schienenverkehr	35
4.4. Darstellung der rule-of-half	36
4.5. Wohlfahrtsverlust durch eine negative Externalität	39
4.6. Externe Effekte des Schienenverkehrs	39
4.7. Veränderung des WFV bei Transportkostensenkungen	41
4.8. Veränderung des WFV bei Vermeidungsmaßnahmen	41
4.9. Veränderung des WFV bei Transportkostensenkungen + Vermeidungsmaßn.	42
4.10. Überblick einer Wirkungskette	44
5.1. Minimalbeispiel	46
5.2. Wirkungskette des Minimalbeispiels	47
5.3. Senkung generalisierter Kosten im Straßenverkehr bei Rückgang der Nachfrage	49
A.1. Pfadabhängigkeit der Marshall'schen Konsumentenrente im 2-Güter-Fall	ix
A.2. Wohlfahrtsveränderungen nach der total benefit Methode	x

Abkürzungsverzeichnis

BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMVI	Bundesministerium für Verkehr, Bau und digitale Infrastruktur
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
CV	Kompensierende Variation (Compensating Variation)
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EV	Äquivalente Variation (Equivalent Variation)
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
KNA	Kosten-Nutzen-Analyse
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NKV	Nutzen-Kosten-Verhältnis
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
SPV	Schienenpersonenverkehr
SUP	Strategische Umweltprüfung
WFV	Wohlfahrtsverlust
WTA	Willingness to Accept
WTP	Willingness to Pay

Symbolverzeichnis

α	Outputelastizität des Produktionsfaktors Kapital
A	Angebotsfunktion
β	Outputelastizität des Produktionsfaktors Arbeit
c	Generalisierte Kosten
η	Kreuzpreiselastizität der Nachfrage
G	Infrastrukturkapital
γ	Outputelastizität des Infrastrukturkapitals
GK	Grenzkosten
GRS	Grenzrate der Substitution
i	Zeidindex, Einheit z.B. „Jahr“
I	Indifferenzkurve
K	Kapital
KR	Konsumentenrente
L	Arbeit
m	Einkommen
n	Laufzeit des Projekts in Jahren
N	Nachfragefunktion
P	Produktivitätsmaß
p	Preis
p^*	Preis im Marktgleichgewicht
$p^{\text{opt.}}$	Sozial optimaler Preis
PGK	Private Grenzkosten
PR	Produzentenrente
s	Soziale Diskontrate
SDK	Soziale Durchschnittskosten
SGK	Soziale Grenzkosten
SK	Soziale Kosten
SBN	Sozialer Bruttonutzen
SNN	Sozialer Nettonutzen
U	Nutzen
x	Menge
x^*	Menge im Marktgleichgewicht
$x^{\text{opt.}}$	Sozial optimale Menge
Y	Maß für den aggregierten realen Output an Gütern und Dienstleistungen des privaten Sektors
z	Monetärer Zeitwert in $\frac{\text{€}}{h}$

1. Einleitung

Schieneninfrastrukturmaßnahmen und damit verbundene betriebliche Veränderungen im Schienenverkehr können positive oder negative Auswirkungen auf eine Vielzahl Betroffener haben. Zur Bewertung, zum Vergleich und zur Priorisierung von Maßnahmen existieren verschiedene Bewertungsverfahren, z.B. die Methodik der Bundesverkehrswegeplanung. Diese ist in der Vergangenheit immer wieder Gegenstand kritischer Auseinandersetzungen geworden, auch aufgrund der mangelnden Transparenz der Auswirkungen einer Maßnahme auf verschiedene Akteure.

Um bei Betroffenen und in der Bevölkerung die Akzeptanz von Investitionen in die Schieneninfrastruktur und deren Auswirkungen zu steigern, ist es notwendig, die Nachvollziehbarkeit und Transparenz aller Vor- und Nachteile für alle Beteiligten zu gewährleisten.

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Integrierte Bewertung von Schieneninfrastrukturmaßnahmen“ am Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) wird ein Bewertungsverfahren entwickelt, bei dem die Auswirkungen einer Infrastrukturmaßnahme im Schienenverkehr auf alle Betroffenen betrachtet werden. Dabei steht die qualitative Wirkungskette einer Maßnahme im Fokus.

Die vorliegende Arbeit ist im Kontext dieses Forschungsvorhabens entstanden. Sie hat das Ziel, ökonomische Effekte von Schieneninfrastrukturmaßnahmen zu untersuchen. Dabei wird vor allem betrachtet, welche Auswirkungen sich durch den veränderten Betrieb des Schienenverkehrs bei Realisierung einer Maßnahme ergeben.

1.1. Definition und Abgrenzung

Die vorliegende Arbeit untersucht ökonomische Effekte von Schieneninfrastrukturmaßnahmen. Dies erfordert eine Definition, was überhaupt unter einem „ökonomischen Effekt“ und einer „Schieneninfrastrukturmaßnahme“ zu verstehen ist.

Einerseits stellen ökonomische Effekte Auswirkungen auf die ökonomische Wohlfahrt und den Nutzen der von einer Maßnahme betroffenen Akteure dar. Ökonomische Effekte können somit verschiedene Gruppen wie beispielsweise Verkehrsnutzer, Anwohner, Unternehmen oder auch zukünftige Generationen in ihrer Wohlfahrt und ihrer wirtschaftlichen Aktivität beeinflussen. Andererseits können ökonomische Effekte aber auch Auswirkungen auf die wirtschaftliche oder räumliche Entwicklung eines Landes, einer Region oder einer Stadt haben, ohne dass dabei direkt betroffene Gruppen identifiziert werden können.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass unter ökonomischen Effekten alle Wirkungen zu subsumieren sind, die einzelne Akteure oder die Volkswirtschaft als Ganzes beeinflussen und die sich mit Theorien und Modellen der Volkswirtschaftslehre analysieren lassen.

Schwieriger ist die Definition von Schieneninfrastrukturmaßnahmen, da es „bis heute keine klare und allgemein akzeptierte Definition des Begriffs Infrastruktur“ (Wieland 2007, S. 377) gibt, sondern lediglich Definitionsversuche.

Jochimsen (1966, S. 100) definiert die Infrastruktur als „Summe der materiellen, institutionellen und personalen Einrichtungen und Gegebenheiten (..), die den Wirtschaftseinheiten zur Verfügung stehen und mit beitragen, den Ausgleich der Entgelte für gleiche Faktorbeiträge bei zweckmäßiger Allokation der Ressourcen, d.h. vollständige Integration und höchstmögliches Niveau der Wirtschaftstätigkeit zu ermöglichen.“

Auch wenn die Definition von Jochimsen zu allgemein für die vorliegende Arbeit ist, so ist die Unterscheidung in

- materielle (z.B. Anlagen, Ausrüstungen, Betriebsmittel, Gebäude)
- institutionelle (Normen, Einrichtungen/Institutionen, Verfahrensweisen) und
- personelle Infrastruktur (Humankapital)

durchaus von Relevanz. Dies bedeutet, dass eine Schieneninfrastrukturmaßnahme nicht nur bauliche und technische Änderungen – also Änderungen an der materiellen Infrastruktur – sondern auch institutionelle und personelle Änderungen umfassen kann.

Beispielsweise kann die Verringerung von Blockabständen die Kapazität auf einem Streckenabschnitt erhöhen und die Fahrzeit senken, was volkswirtschaftlich zu geringeren generalisierten Kosten für die Verkehrsnutzer führt. Ein ähnlicher Effekt könnte durch eine bauliche Veränderung, z.B. eine Ertüchtigung des Oberbaus, der die Höchstgeschwindigkeit auf einer Strecke erhöht, erreicht werden. Andererseits kann z.B. die Sicherheit durch institutionelle Normen und Vorschriften gesteigert werden, was volkswirtschaftlich zu geringeren Unfallkosten führen kann. Auch personelle „Infrastrukturmaßnahmen“ – z.B. eine Erhöhung des Personals in Stellwerken – können helfen, die Zuverlässigkeit zu erhöhen, das Ausfallrisiko zu minimieren und eine Verbesserung der Dienstleistungsqualität zu erreichen.

In der folgenden Arbeit wird auf materielle Schieneninfrastrukturinvestitionen fokussiert, die zu einem effizienteren Betrieb der Schieneninfrastruktur führen und damit Kapazitätssteigerungen, Kostensenkungen und Angebotsausweitungen im Markt für Schienenverkehrsleistungen ermöglichen. Dabei sollen die genauen Prozesse und Wirkungen ausgehend von der Infrastrukturmaßnahme bis zu den betrieblichen Änderungen nicht betrachtet werden. Für diese Arbeit sind damit hauptsächlich die ökonomischen Effekte relevant, die aus den Änderungen im Betrieb der Schieneninfrastruktur resultieren.

1.2. Aufbau der Arbeit

Zu Beginn dieser Arbeit wird in Kapitel 2 die Bundesverkehrswegeplanung schematisch umrissen, deren Bewertungsmethodik als Kernelement eine Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) beinhaltet. Im Anschluss daran erfolgt die Erläuterung der Integrierten Bewertung von Schieneninfrastrukturmaßnahmen des Instituts für Verkehrssystemtechnik des DLR.

In Kapitel 3 wird die KNA als prominentes Verfahren zur Bewertung von konkreten Infrastrukturmaßnahmen vorgestellt sowie die mikroökonomischen und wohlfahrtstheoretischen Überlegungen präsentiert, auf die sich die KNA stützt.

Ökonomische Effekte von Schieneninfrastrukturmaßnahmen werden in Kapitel 4 analysiert, wobei zwischen dem makroökonomischen Ansatz (Abschnitt 4.1) und dem mikroökonomischen Ansatz (Abschnitt 4.2) unterschieden werden kann. In den letzten Jahren haben sich ergänzend Theorien herausgebildet, die allgemeine Gleichgewichtsmodelle zur Analyse verwenden. Diese übersteigen jedoch den Rahmen dieser Arbeit, sodass in Abschnitt 4.3 nur ein kleiner Ausblick diesbezüglich gegeben wird.

Zum Abschluss der Arbeit wird in Kapitel 5 eine Wirkungskette ökonomischer Effekte von Schieneninfrastrukturmaßnahmen anhand eines Minimalbeispiels erarbeitet und Effekte der Verkehrsverlagerung von anderen Verkehrsmitteln betrachtet.

2. Bewertungsverfahren

Das folgende Kapitel umreißt kurz das Verfahren der Bundesverkehrswegeplanung, um im Anschluss daran in Abschnitt 2.2 das Bewertungsverfahren des Instituts für Verkehrssystemtechnik des DLR (Busmann et al. 2014a) vorzustellen.

2.1. Bundesverkehrswegeplan

Der Bund ist nach Art. 89 und 90 GG Eigentümer der Bundeswasserstraßen und Bundesfernstraßen. Die Eigentümer der Bundesschienenwege sind Eisenbahnen, an denen der Bund die Mehrheit hält. Damit ist der Bund zuständig für den Bau und den Erhalt der Bundesverkehrswege (BMVBW 2003, S. 3).

Für einen effizienten Mitteleinsatz wird eine verkehrsträgerübergreifende Planung durchgeführt, deren Ergebnisse im Bundesverkehrswegeplan (BVWP) dokumentiert werden. Der BVWP gilt für den angegebenen Zeitraum (in der Regel für 10 Jahre), wird vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und digitale Infrastruktur (BMVI) erarbeitet und vom Bundeskabinett beschlossen. Der letzte BVWP stammt aus dem Jahr 2003 und wird demnächst durch den BVWP 2015 abgelöst (BMVI 2014b, S. 9 ff.).

Der Zweck des BVWP besteht in der volkswirtschaftlichen Bewertung der erwogenen Investitionsprojekte nach gleicher Methodik und Maßstäben mit dem Ziel einer verkehrsträgerübergreifenden Priorisierung. Im BVWP werden Erhaltungs- und Ersatzinvestitionen sowie Aus- und Neubauinvestitionen ausgewiesen. Die Aus- und Neubauinvestitionen werden einer gesamtwirtschaftlichen Bewertung unterzogen und bei nachgewiesener Vorteilhaftigkeit mit ihrem Bewertungsergebnis in den BVWP eingestellt. Erhaltungs- und Ersatzinvestitionen werden nur in der Summe im BVWP ausgewiesen, wobei keine maßnahmenscharfe Betrachtung erfolgt (BMVI 2014b, S. 10).

Auf Grundlage des BVWP werden die Bedarfspläne, die den Aus- und Neubaubedarf enthalten, erstellt und als Anlage der Ausbaugesetze vom Parlament beschlossen. Alle fünf Jahre findet eine Bedarfsplanüberprüfung statt, um eine Anpassung an die Verkehrs- und Wirtschaftsentwicklung zu ermöglichen und neue Erkenntnisse bei der Projektplanung berücksichtigen zu können (BMVI 2014b, S. 9 f.).

Das übergeordnete Ziel der Bundesverkehrswegeplanung besteht in der Steuerung der Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur des Bundes in der Art und Weise, dass „ein möglichst großer Beitrag zur Wohlfahrt der Bevölkerung erzielt wird“ (BMVBW 2005, S. 21). Darüber hinaus verfolgt der BVWP 2015 sechs weitere zentrale Ziele, nämlich die Ermöglichung der Mobilität im Personenverkehr, die Sicherstellung der Güterversorgung und

Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit, die Erhöhung der Verkehrssicherheit, die Reduktion von Schadstoffen und Klimagasen, die Begrenzung der Inanspruchnahme von Natur und Landschaft und die Verbesserung der Lebensqualität einschließlich der Lärmsituation in Regionen und Städten (BMVI 2014b, S. 25 ff.).

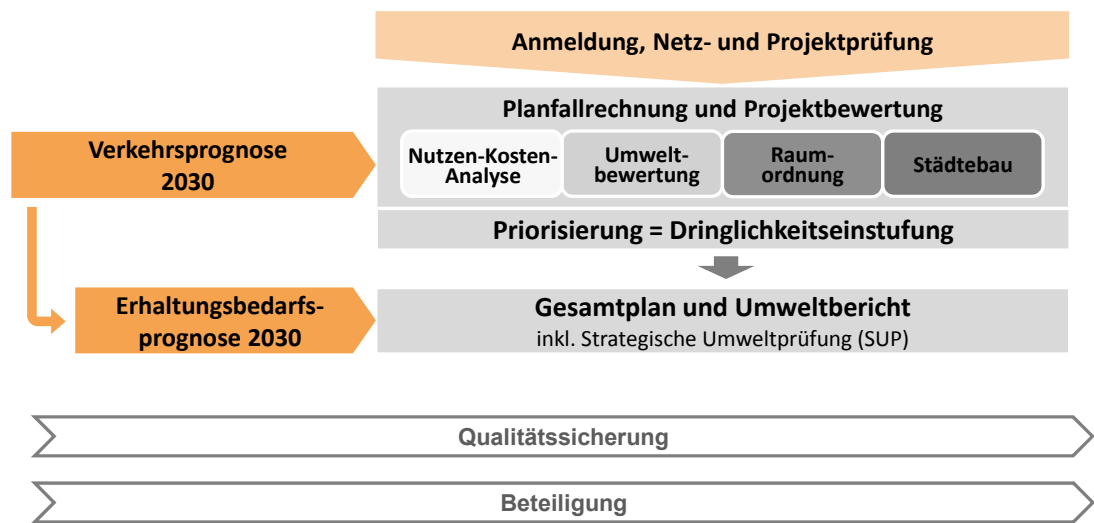


Abbildung 2.1.: Gesamtprozess des BVWP 2015, Quelle: BMVI 2014a

Der Gesamtprozess zur Aufstellung des BVWP 2015 ist in Abbildung 2.1 dargestellt. Grundlage der Untersuchung der Vorteilhaftigkeit der Maßnahmen ist die Prognose des zukünftigen Verkehrsaufkommens, auf deren Basis die Verkehrsprobleme abgeschätzt und Aus- und Neubauprojekte als Lösungsvorschläge entwickelt werden (BMVI 2014b, S. 49).

Anschließend wird zur Bewertung der Mit-Fall (bzw. Planfall) mit dem Ohne-Fall (bzw. Bezugsfall) verglichen. Das Ohne-Fall-Verkehrsnetz basiert auf dem heutigen Netz inklusive aller Projekte, die nicht noch einmal bewertet werden müssen. Das Mit-Fall-Verkehrsnetz beinhaltet das zusätzlich zu bewertende einzelne Verkehrsprojekt. Für jedes zu bewertende Projekt wird diese Vergleichsanalyse separat vorgenommen (BMVI 2014b, S. 49).

Die eingereichten Projektideen werden dann einer KNA, welche das Hauptelement der Bewertung darstellt, unterworfen. Ergibt sich ein Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) > 1 , ist das Projekt als gesamtwirtschaftlich positiv zu beurteilen. Eine Untersuchung von schwer oder nicht monetarisierbaren Wirkungen findet in umwelt- und naturschutzfachlichen sowie in raumplanerischen und städtebaulichen Beurteilungen statt (BMVI 2014b, S. 49).

Die erforderlichen Mittel für die bauliche Erhaltung bzw. Ersatzinvestitionen werden über die Erhaltungsbedarfsprognose bis 2030 ermittelt und in den Gesamtplan aufgenommen.

Bei der Aufstellung des BVWP 2015 wird auch die Strategische Umweltprüfung (SUP) ein Kernelement darstellen. Gegenstand der SUP ist die „Ermittlung, Beschreibung und Bewertung potentieller erheblicher Umweltauswirkungen aus der Durchführung des betreffenden Plans oder Programms“ (BMVI 2014b, S. 16). In der SUP werden umweltbezogene Auswirkungen des Gesamtplans stärker betrachtet und der Fokus weniger auf die Betrachtung von Einzelprojekten gelegt wie bisher. Weiterhin wird ein stärkeres Gewicht auf

die Prüfung von Alternativen gelegt. Das Prüfungsergebnis wird abschließend in einem Umweltbericht dokumentiert (BMVI 2014b, S. 16).

Bei der Aufstellung des BVWP 2015 strebt das BMVI eine umfassende Qualitätssicherung und Öffentlichkeitsbeteiligung an. Im Rahmen des Qualitätssicherungsprozesses werden externe Fachkoordinatoren mit der Begleitung und Beratung hinsichtlich der Prozesse (z.B. Zeitplan), der Inhalte (z.B. Methoden) und der Dokumentation (z.B. Nachvollziehbarkeit von Berichten) beauftragt (BMVI 2014b, S. 89).

Zur stärkeren Einbindung der Öffentlichkeit und Akzeptanzförderung sollen Informationen über Arbeiten und Zwischenergebnisse zum BVWP prozessbegleitend öffentlich zugänglich sein. Weiterhin sollen wie bisher die Bewertungsergebnisse in einem Projektinformationssystem (PRINS) abrufbar sein. Darüber hinaus soll die Möglichkeit zur Konsultation und Stellungnahme zu zentralen Meilensteinen bestehen, um Hinweise und Einwände frühzeitig in den Prozess aufnehmen zu können (BMVI 2014b, S. 85; BMVBS 2012, S. 6 f.).

Die Projekte werden nach den Ergebnissen der Bewertung in Dringlichkeitsstufen bzw. Bedarfskategorien eingeteilt. Dazu gibt es im BVWP 2003 folgende Kategorien, welche getrennt nach Verkehrsträger aufgestellt werden (BMVBW 2005, S. 68):

- Vordringlicher Bedarf (VB): umfasst hochwirtschaftliche Projekte, deren Investitionsvolumen den Finanzrahmen nicht überschreitet
- Weiterer Bedarf (WB): umfasst Vorhaben mit nachgewiesener gesamtwirtschaftlicher Vorteilhaftigkeit ($NKV > 1$), deren Investitionsvolumen jedoch den Finanzrahmen für den Zeitraum der Gültigkeit des BVWP übersteigt

Für das nationale Priorisierungskonzept des BVWP 2015 wird zur Dringlichkeitsreihung innerhalb aller drei Verkehrsträger Schiene, Straße und Wasser eine weitere Kategorie – Vordringlicher Bedarf Plus (VB+) – eingeführt. Diese Kategorie soll Projekte enthalten, die eine besonders hohe verkehrliche Bedeutung und ein hohes NKV haben. Weiterhin dürfen diese Projekte keine hohe Umweltbetroffenheit aufweisen, es sei denn, es liegt ein bestandskräftiger Planfeststellungsbeschluss vor (BMVI 2014b, S. 69 ff.).

2.2. Methodik der Integrierten Bewertung des DLR

Die Methodik der Bundesverkehrswegeplanung ist in den letzten Jahren oft kritisiert worden. Häufig wird ihr mangelnde Transparenz vorgeworfen, da die Ergebnisse der Bewertung für Entscheidungsträger und Betroffene wegen der komplexen Bewertungsschritte nur schwer nachvollziehbar sind (Gühnemann und Strauch 2003, S. 7). Weiterhin werden Projekte nicht in ihrem Netzzusammenhang beurteilt, die Integration verschiedener Ziele und Planungsebenen liefert Raum für Verbesserungen und es bestehen Schwierigkeiten in der angemessenen monetären Bewertung langfristiger externer Effekte (Gühnemann und Strauch 2003, S. 8). Manche Autoren nennen die praktische Bewertung von Großprojekten sogar eine „ungesunde Mixtur aus unterschätzten Kosten, überschätzten Einnahmen, unterschätzten Umwelteinflüssen und überschätzten Auswirkungen auf die Wirtschaftsentwicklung“ (Flyvbjerg et al. 2003, S. i, vom Verfasser ins Deutsche übersetzt).

Mit Blick auf das wachsende Umweltbewusstsein der Bevölkerung, dem Wunsch nach mehr Transparenz und Bürgerdialog zur Steigerung der Akzeptanz und zur Vermeidung von Konflikten durch Infrastrukturmaßnahmen stellt sich die Frage, ob neben der traditionellen Vorteilhaftigkeitsbewertung der Bundesverkehrswegeplanung noch weitere ergänzende Bewertungsverfahren sinnvoll sind, die die genannten Schwächen ausgleichen können.

Am Institut für Verkehrssystemtechnik des DLR wird derzeit ein solches Bewertungsverfahren entwickelt, das unter weitgehendem Verzicht auf Monetarisierungsfaktoren die Wirkungen einer Schieneninfrastrukturmaßnahme auf betroffene Akteure abbilden soll.

Unter der „integrierten Bewertung“ wird dabei „eine alle Interessengruppen berücksichtigende Abwägung sozialer, ökologischer und ökonomischer Auswirkungen über den gesamten Lebenszyklus einer Maßnahme“ (Bussmann et al. 2014a) verstanden.

Ein Interesse besteht, wenn die Maßnahme Menschen, marktwirtschaftliche oder natürliche Systeme beeinflusst. Damit wird der betroffene Mensch bzw. das System zu einem Stakeholder dieser Maßnahme (Bussmann et al. 2014a). Dabei wurden verschiedene Stakeholder identifiziert, welche je nach Anwendungsfall ergänzt, reduziert oder ersetzt werden können. Mögliche Stakeholder sind z.B. (Bussmann et al. 2014a):

- Eisenbahninfrastrukturunternehmen
- Unternehmen (Verlader, regionale Wirtschaft)
- Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU)
- Staat (Bund, Land, Kommune)
- Mensch (Steuerzahler, Eigentümer, Anlieger etc.)
- Natur (lokal, regional, global)
- Mobilitätsnachfrager

Wie gängige Bewertungsverfahren auch, stellt die integrierte Methodik des DLR einen Zustand ohne Maßnahme (Nullfall) mit einem Zustand mit Maßnahmendurchführung (Planfall) gegenüber. Damit können die unterschiedlichen Vor- und Nachteile einer Maßnahme auf die Betroffenen dargestellt werden. Anstelle monetärer Werte werden den Stakeholdern sogenannte Values zugeordnet. Diese können materielle Werte (Vermögen), aber auch immaterielle Werte (Gesundheit, Lebensqualität) annehmen.

Das Ziel besteht dann in der Abbildung der Wirkungsketten und der Visualisierung der Auswirkungen verschiedener Maßnahmenalternativen auf verschiedene Betroffene. Auch die Zusammenhänge zwischen der Infrastrukturmaßnahme und deren Auswirkungen auf die Parameter des Eisenbahnbetriebs sollen hier deutlich gemacht werden.

Eine beispielhafte Wirkungskette ist in Abbildung 2.2 dargestellt. Verschiedene Maßnahmenparameter wie z.B. die Streckenlänge, die Anzahl der Gleise etc. haben Einfluss auf verschiedene Werte der Betroffenen (Natur, Anlieger, Mobilitätsnachfrager), wobei die Ausprägungen zwischen Nullfall und Planfall verglichen werden können. Ein solches Bewertungswerkzeug liefert einen transparenten Vergleich verschiedener Alternativen und kann damit den Entscheidungsprozess ergänzen und die Nachvollziehbarkeit der Effekte einer Maßnahme bei verschiedenen Stakeholdern gewährleisten.

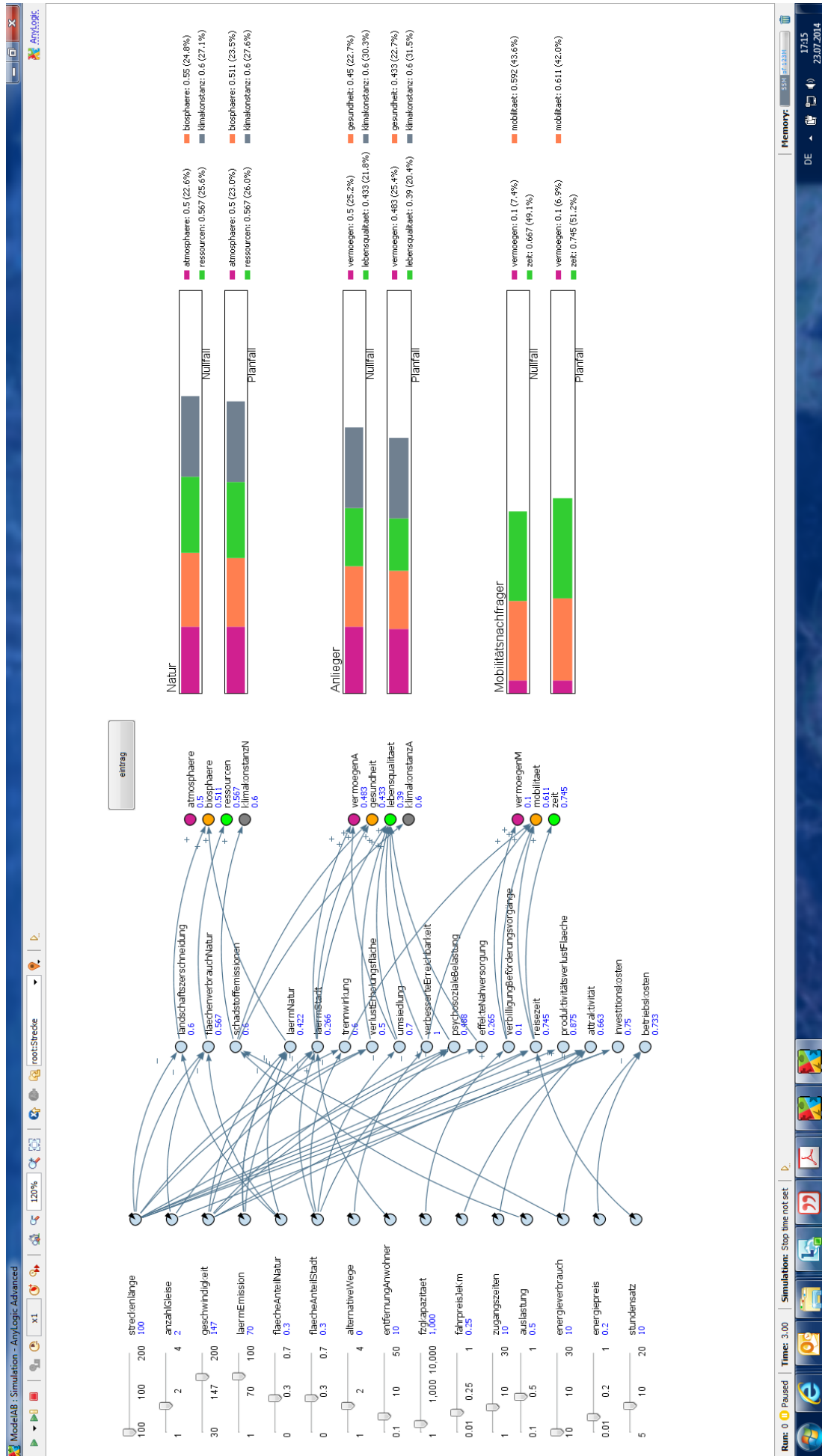


Abbildung 2.2.: Beispielhafte Wirkungskette des Integrierten Bewertungsverfahrens des DLR, Quelle: Bussmann et al. 2014b

3. Theoretische Grundlagen der Kosten-Nutzen-Analyse

Wie in Kapitel 2 erläutert wurde, ist die KNA nach wie vor das Kernelement der Bundesverkehrswegeplanung, auch wenn das Bewertungsverfahren um diverse andere Analysen (z.B. Umweltbewertung, raumplanerische und städtebauliche Beurteilungen) erweitert worden ist. Das vorliegende Kapitel stellt das Instrument der KNA dar, mit dem auch Schieneninfrastrukturmaßnahmen bewertet werden können. Dazu wird in Abschnitt 3.1 der allgemeine Ablauf einer KNA thematisiert. Im Anschluss daran erfolgt in Abschnitt 3.2 eine genauere Diskussion der mikroökonomischen und wohlfahrtstheoretischen Gesichtspunkte einer KNA. Diese werden in Kapitel 4 zur Analyse mikroökonomischer Effekte von Schieneninfrastrukturmaßnahmen in Teilen wieder aufgegriffen.

3.1. Allgemeine Grundlagen der Kosten-Nutzen-Analyse

Die KNA ist eine Bewertungsmethode, die den Wert aller Folgen einer Maßnahme auf alle Mitglieder einer Gesellschaft in monetären Werten quantifiziert (Boardman et al. 2006, S. 2). Dabei wird die Bewertung eines öffentlichen Projekts auf Ebene der betroffenen Individuen oder Haushalte vorgenommen. Die gesamtwirtschaftliche Bewertung erfolgt dann durch Aggregation der individuellen Präferenzen (Hanusch et al. 2011, S. 16). Der aggregierte Wert einer Maßnahme wird in Form des sozialen Nettonutzens gemessen, welcher die Differenz aus Sozialen Nutzen und Sozialen Kosten angibt (Boardman et al. 2006, S. 2).

Es lassen sich verschiedene Arten von Kosten-Nutzen-Analysen bestimmen, die sich wesentlich hinsichtlich des Analysezeitpunkts unterscheiden:

- Eine *ex ante* KNA wird durchgeführt, bevor ein Projekt gestartet werden soll und stellt den Standardfall der KNA dar. Die *ex ante* KNA unterstützt die Regierung direkt und unmittelbar in der Entscheidung, ob ein Projekt oder eine Maßnahme durchgeführt werden sollte oder nicht (Boardman et al. 2006, S. 3).
- Eine *ex post* KNA wird am Ende eines Projektes durchgeführt und ermittelt nicht nur Informationen über das spezifische Projekt, sondern lässt auch Rückschlüsse auf ähnliche Projekte zu. Dadurch kann ein Lerneffekt für zukünftige Projekte erzielt werden. Da die Kosten am Ende des Projekts aber versunken, d.h. durch keinen ökonomischen Akt wieder zurückzugewinnen sind, hat die *ex post* KNA keinen direkten Einfluss auf das spezifische Projekt mehr, nur auf zukünftige Projekte ähnlicher Art (Boardman et al. 2006, S. 3).

- KNA, die im Verlauf eines Projektes durchgeführt werden und damit die Fortführung des Projektes beeinflussen können, werden *in medias res* KNA genannt. Damit können in medias res KNA Einfluss auf die Fortführung einer Maßnahme haben. Sie basieren außerdem auf der Beobachtung von bereits angefallenen Kosten und Nutzen und weniger auf der reinen Vorhersage von Effekten wie die ex ante KNA (Boardman et al. 2006, S. 3).
- Ein Vergleich von ex ante und von ex post (oder in medias res) Kosten-Nutzen-Analysen für dasselbe Projekt kann Informationen über die Wirksamkeit einer KNA als Entscheidungs- und -bewertungssystem generieren, um für zukünftige ähnliche Projekte zu lernen (Boardman et al. 2006, S. 3).

In Deutschland besteht auf Bundesebene gemäß der Bundeshaushaltsordnung (BHO § 7 II), auf Länderebene gemäß dem Haushaltsgrundsätzegesetz (HGrG § 6 II), eine explizite Vorschrift zur KNA (Hanusch et al. 2011, S. 5). Für den Verkehrsbereich gibt es zusätzlich Standardisierte Bewertungsverfahren, die eine Anleitung und Vereinheitlichung der Bewertungsmethodik zum Zweck der besseren Vergleichbarkeit darstellen. Ein Beispiel hierfür ist die *Standardisierte Bewertung von Verkehrsweeinvestitionen des ÖPNV und Folgekostenrechnung*, wodurch die Entscheidungsgrundlagen für den Einsatz öffentlicher Investitionsmittel nach dem Gesetz über Finanzhilfen des Bundes zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse der Gemeinden (Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz, GVFG) vereinheitlicht werden sollen (ITP und VWI 2006, S. 1).

Als Standardschritte für die Durchführung einer KNA können die folgenden genannt werden (Boardman et al. 2006, S. 7 ff.):

- Bestimmung der Menge der zu betrachtenden Alternativen

Die KNA vergleicht die Sozialen Nettonutzen eines Projekts im Planfall mit denen einer hypothetischen Alternative. Meistens ist die Alternative eine Situation des Status Quo (Nullfall), in der keine Veränderung gegenüber der jetzigen Situation stattfindet. Wenn ein Projekt eine andere Maßnahme ersetzt, sollte das Projekt in Relation zur verdrängten Maßnahme bewertet werden (Boardman et al. 2006, S. 8).

- Festlegung der in die Analyse einzubeziehenden Nutzen- und Kostenträger

In diesem Schritt muss festgelegt werden, wessen Nutzen und Kosten zählen. Dabei ist oft umstritten, ob eine Analyse aus der globalen, nationalen oder lokalen Perspektive durchgeführt werden sollte, da je nach Aggregationsebene die Nutzen und Kosten verschiedener zusätzlicher Akteure berücksichtigt werden müssen, z.B. würden Kosten der globalen Klimaerwärmung in einer lokalen Betrachtung nicht bewertet, in einer globalen Betrachtung hingegen schon (Boardman et al. 2006, S. 9).

- Katalogisierung der Projektwirkungen und Auswahl von Maßeinheiten

Bei Verkehrsprojekten fallen auf der Nutzenseite meist Zeit- und Betriebskostensparnisse sowie erhöhte Verkehrssicherheit und Nutzen neuer Nachfrager (induzierter Verkehr) an, während auf der Kostenseite unter anderem Bau-, Kapital-, Betriebskosten und externe Kosten zu verzeichnen sind (Boardman et al. 2006, S. 9 f.).

- Quantitative Prognose der zu erwartenden Projektwirkungen über den gesamten Lebenszyklus

Zur Prognose der Projektwirkungen sind Vorhersagen über die Nutzen und Kosten in jeder einzelnen Periode notwendig (Boardman et al. 2006, S. 11). Diese sind – abhängig vom Zeithorizont, der Einzigartigkeit des Projekts und der Komplexität der Beziehungen zwischen den einzelnen Einflüssen – mit hohen Unsicherheiten behaftet (Boardman et al. 2006, S. 12).

- Monetarisierung aller Projektwirkungen

Im nächsten Schritt werden alle Projektwirkungen mit monetären Werten hinterlegt. Effekte, für die keine Marktpreise existieren (z.B. Wert eines Lebensjahres), werden mit Kostensätzen bewertet, die durch Methoden der Zahlungsbereitschaftsermittlung bestimmt wurden (Boardman et al. 2006, S. 14).

- Diskontierung der Nutzen- und Kostenströme, um Barwerte zu erhalten

Kosten und Nutzen, die in der Zukunft anfallen, werden auf das Bezugsjahr abdiskontiert. Die Barwerte aller in Jahr i auftretenden Nutzen und Kosten werden mit der sozialen Diskontrate s nach folgender Formel berechnet, wobei n die Laufzeit des Projekts, SBN der Soziale Bruttonutzen und SK die Sozialen Kosten sind (Boardman et al. 2006, S. 14, an eigene Notation angepasst):

$$\text{SBN} = \sum_{i=0}^n \frac{\text{SBN}_i}{(1+s)^i}; \quad \text{SK} = \sum_{i=0}^n \frac{\text{SK}_i}{(1+s)^i} \quad (3.1.1)$$

Die soziale Diskontrate ist Gegenstand aktueller Forschungen und wird kontrovers diskutiert, da es dabei auch um intertemporale Generationengerechtigkeit geht. Nach Gollier und Weitzman (2010, S. 350) ist die Wahl einer geeigneten Diskontrate besonders bei Projekten mit langen Zeithorizonten entscheidend. Dabei kann das Ergebnis einer KNA sehr sensibel auf nur kleine Änderungen an der Diskontrate reagieren.

- Ermittlung des Netto-Barwerts jeder Alternative

Der Nettobarwert (Sozialer Nettonutzen SNN) ist die Differenz aus den Sozialen Bruttonutzen und den Sozialen Kosten einer Maßnahme (Boardman et al. 2006, S. 15).

$$\text{SNN} = \text{SBN} - \text{SK} \quad (3.1.2)$$

In der Praxis wird oftmals ein NKV gebildet oder ein interner Zinsfuß berechnet. Diese führen jedoch manchmal zu fehlerhaften Maßnahmenempfehlungen, weshalb Boardman et al. (2006, S. 15 f.) den Sozialen Nettonutzen als Kriterium empfehlen.

- Durchführung von Sensitivitätsanalysen

Aufgrund der Unsicherheiten in der Vorhersage von Projektwirkungen und in der angemessenen monetären Bewertung einzelner Einflüsse sollten Sensitivitätsanalysen mit klar definierten Szenarien durchgeführt werden (Boardman et al. 2006, S. 17).

- Aussprechen der Empfehlung

Die KNA liefert eine normative Empfehlung (Boardman et al. 2006, S. 17), basierend auf den zu Grunde liegenden ökonomischen Maßstäben der Effizienz und Maximierung des Sozialen Überschusses.

Die KNA ist ein normatives Instrument, nicht eine Beschreibung, wie politische und bürokratische Entscheidungsträger tatsächliche Entscheidungen treffen (Boardman et al. 2006, S. 22). Der praktischen KNA liegt das Kaldor-Hicks-Kriterium zu Grunde, nach dem eine Maßnahme durchgeführt werden sollte, wenn die Gewinner einer Maßnahme die Verlierer potentiell kompensieren könnten und die Gewinner trotzdem besser gestellt würden (Boardman et al. 2006, S. 30 f.). Das bedeutet, dass nur Maßnahmen mit einem positiven sozialen Nettonutzen durchgeführt werden sollten. Damit setzt die KNA das Ziel der (Allokations-) Effizienz. Dies sollte bei der Interpretation der Ergebnisse einer KNA beachtet werden, um Missverständnissen vorzubeugen. In Abschnitt 3.2.6 wird auf theoretische Wohlfahrtsveränderungskriterien näher eingegangen.

3.2. Mikroökonomische Grundlagen der Kosten-Nutzen-Analyse

Der nachfolgenden Erläuterung der theoretischen mikroökonomischen Grundlagen der KNA liegt aus Gründen der Einfachheit die Annahme von vollständigem Wettbewerb zu Grunde. Weiterhin wird angenommen, dass sich so viele Anbieter und Nachfrager im Markt befinden, dass kein Akteur die Preise beeinflussen kann, dass Anbieter und Nachfrager einfach in den Markt ein- und austreten können, dass homogene Güter auf dem Markt gehandelt werden und keine Transaktionskosten anfallen. Zudem wird perfekte Information der Marktakteure und die Abwesenheit von Externalitäten unterstellt (Boardman et al. 2006, S. 51).

Die Bezeichnung „Kosten-Nutzen-Analyse“ impliziert, dass für dieses Bewertungsverfahren eine Messung des Nutzens vorgenommen werden muss, den Individuen aus einem Projekt ziehen. Während die ältere Wohlfahrtsökonomie (Pigou, Marshall, Edgeworth u.a.) von einem kardinal messbaren Nutzen ausging (Kleinewefers 2008, S. 35 ff.), so lehnt die neuere Wohlfahrtsökonomie bzw. paretianische Wohlfahrtsökonomie das kardinale Nutzenkonzept ab (Kleinewefers 2008, S. 42 ff.). Stattdessen baut sie ihre Analyse auf dem ordinalen Nutzenkonzept auf, nach welchem die Konsumenten nur eine Reihung von Präferenzen vornehmen können, die Nutzendifferenz zwischen zwei Güterbündeln jedoch nicht messbar ist.

Im folgenden Abschnitt 3.2.1 wird das Konzept des Sozialen Überschusses erläutert. Im Anschluss wird in den Abschnitten 3.2.2 und 3.2.3 auf Konzepte der ordinalen Nutzenmessung eingegangen. Die Nutzenmessung im Rahmen einer KNA ist keineswegs trivial und bedarf daher einer eingehenderen theoretischen Betrachtung. In Abschnitt 3.2.5 wird sich jedoch zeigen, dass die theoretischen Konzepte der Nutzenmessung für die praktische Durchführung einer Bewertung an Bedeutung verlieren.

3.2.1. Das Konzept des Sozialen Überschusses

Der kardinale Bewertungsansatz verwendet das Konzept der Konsumentenrente, um den Nutzenunterschied durch die Realisierung eines Projektes zu messen. Dazu ist die Bestimmung der Zahlungsbereitschaft der Konsumenten nötig.

Da die Nachfragekurve die maximale Zahlungsbereitschaft für eine bestimmte Menge x eines Gutes angibt, besteht die gesamte Zahlungsbereitschaft der Konsumenten in einem Markt in der Fläche unter der Nachfragekurve. Das, was den Konsumenten nach Zahlung des Preises p übrig bleibt, wird als Konsumentenrente (KR) eines Markts bezeichnet und entspricht der Fläche unterhalb der Nachfragekurve und oberhalb des Preises (Mankiw und Taylor 2012, S. 176). Die Produzentenrente (PR) als Fläche unterhalb des Preises und oberhalb der Angebotskurve gibt den Betrag an, der den Produzenten als Überschuss verbleibt (Mankiw und Taylor 2012, S. 182). Dies ist in Abbildung 3.1 dargestellt, wobei p^* und x^* den Preis und die Menge im Marktgleichgewicht bezeichnen. Dabei wird (bei privaten Gütern) die Marktnachfragekurve durch horizontale Addition der individuellen Nachfragekurven eines Gutes bestimmt. Damit ist auch die gesamte Konsumentenrente die Summe aus den Renten aller individuellen Konsumenten im Markt (Boardman et al. 2006, S. 55). Varian (2011, S. 281) trifft hier die Unterscheidung zwischen der Rente des Konsumenten, die sich auf einen einzelnen Konsumenten bezieht, und der Konsumentenrente, die die Summe der Renten über eine bestimmte Anzahl von Konsumenten darstellt. Der Soziale Überschuss besteht dann aus der Summe von Konsumentenrente und Produzentenrente (Boardman et al. 2006, S. 59).

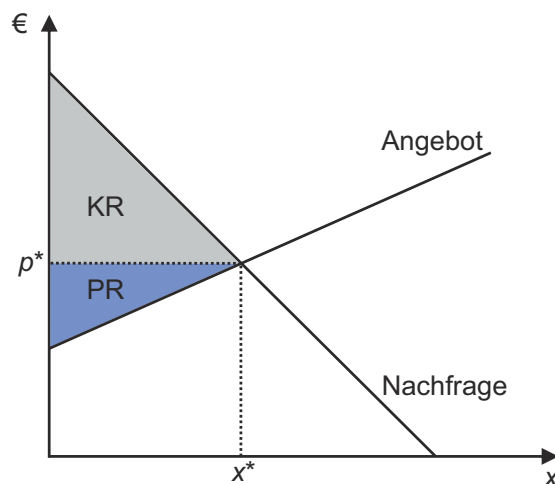


Abbildung 3.1.: Konsumenten- und Produzentenrente, Quelle: eigene Darstellung

Da sich in der paretianischen Wohlfahrtsökonomie das ordinale Nutzenkonzept durchgesetzt hat, werden für die KNA die monetären Vorteile (Nutzen) bzw. Nachteile (Kosten) eines Projekts auf Basis eines konstanten Nutzenniveaus der Betroffenen, das durch Kompensationsabgaben oder -forderungen aufrecht erhalten wird, ermittelt. Diese Kompensationsbeträge werden Kompensationsvariation genannt. Ein alternatives Wohlfahrtsmaß ist die Äquivalenzvariation (Hanusch et al. 2011, S. 20).

3.2.2. Kompensierende Variation

Die kompensierende Variation (CV) entspricht dem maximalen Geldbetrag, der einem Konsumenten entzogen werden muss, damit er *nach* einer Preissenkung das gleiche Nutzenniveau erreicht wie vor der Preissenkung. Referenzpunkt für die CV ist demnach das Preissystem *nach* der Preisänderung. Durch die CV soll das gleiche Nutzenniveau wie vor der Veränderung erreicht werden (vgl. Varian 2011, S. 284 ff.; Boardman et al. 2006, S. 64 ff.; van Suntum 1986, S. 42).

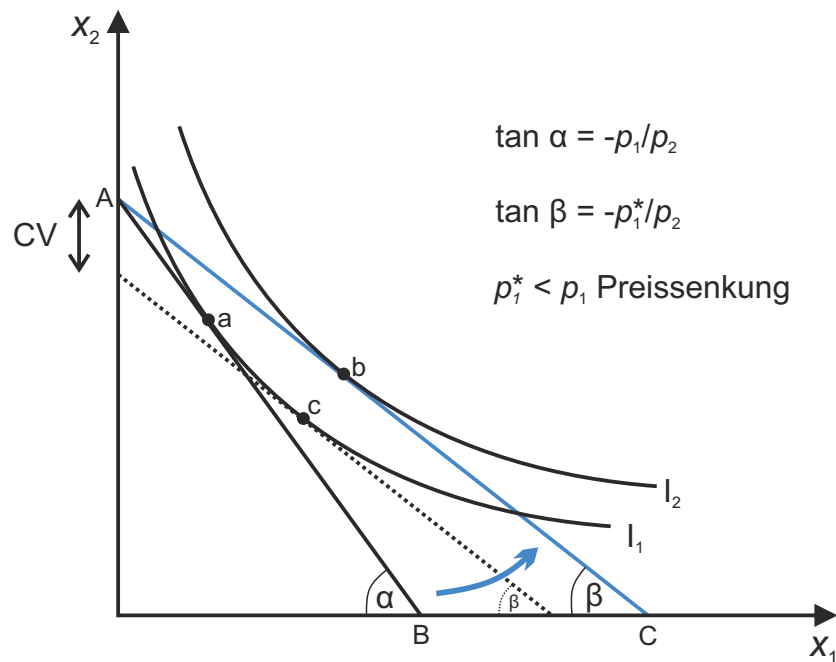


Abbildung 3.2.: Kompensierende Variation bei einer Preissenkung, Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Varian 2011, S. 286; Hanusch et al. 2011, S. 40; Boardman et al. 2006, S. 65

Dies lässt sich grafisch veranschaulichen (vgl. Abbildung 3.2). Betrachtet wird ein 2-Güter-Fall. Dabei ist x_1 die Menge des Gutes 1 (beispielsweise „Verkehr“), während x_2 die Menge aller anderen Güter angibt. Die Gerade AB sei die im Nullfall geltende Budgetbeschränkung, die durch das Einkommen des Haushalts und durch das Preissystem bedingt ist. Die Steigung der Budgetgerade entspricht dem Preisverhältnis $-\frac{p_1}{p_2}$. I_1 ist die Indifferenzkurve im Nullfall. Die Indifferenzkurve I gibt alle Kombinationen der Mengen beider Güter an, zwischen denen der Haushalt gerade indifferent ist (Varian 2011, S. 38) und aus denen er somit den gleichen Nutzen zieht. Im vorliegenden Fall werden streng konvexe Präferenzen – beispielsweise basierend auf einer Cobb-Douglas-Nutzenfunktion der Form $U(x_1, x_2) = x_1^a x_2^{1-a}$ – unterstellt. Der Haushalt bewertet also eine Mischung aus beiden Güterarten besser als die Extrema im Sinne von alleinigem Konsum von Gut 1 bzw. alleinigem Konsum von Gut 2 (Varian 2011, S. 47ff., S. 67 ff.). Im Nullfall wählt der Haushalt entsprechend der Optimalbedingung der Mikroökonomie (Grenzrate der Substitution $GRS = -\frac{\partial U / \partial x_1}{\partial U / \partial x_2}$ entspricht Güterpreisverhältnis $-\frac{p_1}{p_2}$) das Güterbündel a.

Die Durchführung eines Projekts kann im Folgenden wie eine Preissenkung für den Haushalt betrachtet werden, d.h. das Gut „Verkehr“ wird günstiger und die Budgetgerade dreht

sich im Punkt A in die Budgetgerade AC. Der Haushalt wird jetzt das Güterbündel b auf der höheren Indifferenzkurve I_2 wählen. Damit erreicht der Haushalt ein höheres Nutzenniveau. Die kompensierende Variation entspricht jetzt genau dem Geldbetrag, der dem Haushalt entzogen werden müsste, um das gleiche Nutzenniveau wie vor der Preissenkung zu erreichen. Aufgrund des veränderten Preisverhältnisses wird der Haushalt dann das Güterbündel c wählen.

Damit entspricht die CV dem maximalen Geldbetrag, der dem Konsumenten entzogen werden kann, sodass er bei Durchführung eines Projekts das gleiche Nutzenniveau erreicht wie ohne das Projekt. Der Haushalt wäre also bereit, maximal den Betrag der CV abzugeben, damit das Projekt durchgeführt wird. Gibt er einen geringeren Betrag ab, so erreicht er ein höheres Nutzenniveau. Müsste er mehr als die CV bezahlen, würde er ein geringeres Nutzenniveau erreichen und damit das Projekt ablehnen. Die CV entspricht somit bei einem Nutzenzuwachs des Haushalts durch das Projekt der Willingness to Pay (WTP) des Haushalts für das Projekt (Mühlenkamp 1994, S. 46).

Die WTP entspricht der maximalen Zahlungsbereitschaft zur Herbeiführung oder zur Verhinderung eines Zustands. Die Willingness to Accept (WTA) entspricht dem notwendigen Betrag zur Entschädigung für den Verzicht auf einen Zustand oder zur Entschädigung für die Akzeptanz eines Zustands (Mühlenkamp 1994, S. 67).

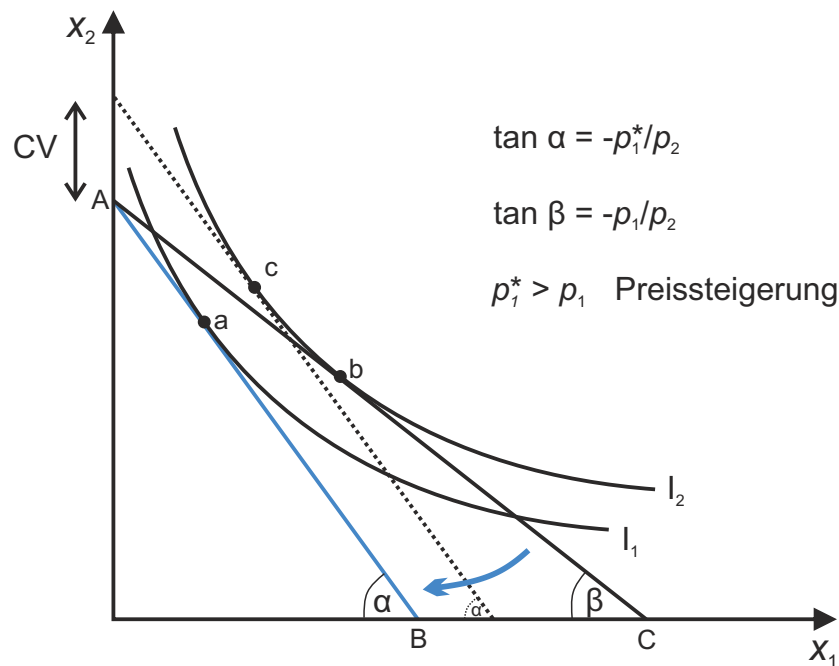


Abbildung 3.3.: Kompensierende Variation bei einer Preissteigerung, Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Varian 2011, S. 286; Hanusch et al. 2011, S. 40; Boardman et al. 2006, S. 65

Erfährt der Haushalt durch das geplante Projekt keinen Nutzenzuwachs, sondern einen Nutzenverlust, lässt sich dieser Sachverhalt wie eine Preissteigerung durch das Projekt analysieren (vgl. Abbildung 3.3). Durch die Preissteigerung dreht sich die vorherige Budgetgerade AC im Punkt A in die neue Budgetgerade AB. Der Haushalt realisiert jetzt nicht mehr das Güterbündel b auf der Indifferenzkurve I_2 sondern das Güterbündel a auf der In-

differenzkurve I_1 , welche ein niedrigeres Nutzenniveau repräsentiert. Durch die Erstattung eines Betrages in Höhe der CV könnte der Haushalt das Güterbündel c realisieren. Die CV ist daher der Geldbetrag, der dem Haushalt bei einem Nutzenverlust erstattet werden muss, um das vorherige Nutzenniveau zu erreichen, sodass der Haushalt dem Projekt zustimmt (Mühlenkamp 1994, S. 47). Die CV entspricht damit bei einem Nutzenverlust der Akzeptanzforderung des Haushalts (WTA), falls das Projekt durchgeführt wird.

3.2.3. Äquivalente Variation

Bei der äquivalenten Variation (EV) wird wie bei der CV von der Konstanz des Nutzenniveaus ausgegangen. Bei der EV zählt jedoch das Nutzenniveau *nach* der Durchführung des Projektes als Referenzgröße (Hanusch et al. 2011, S. 20; van Suntum 1986, S. 42). Der Referenzpunkt ist das Preissystem *vor* der Veränderung. Die EV entspricht also dem Geldbetrag, der einem Haushalt zugeteilt werden muss, damit er sich vor einer Preissenkung genauso gut stellt wie danach. Bei einer Preissteigerung ist die EV der Geldbetrag, der dem Haushalt entzogen werden muss, damit er sich vor der Preissteigerung genauso gut stellt wie danach.

In Abbildung 3.4 ist die EV für den Fall einer Preissenkung grafisch dargestellt, Abbildung 3.5 zeigt den Fall einer Preissteigerung.

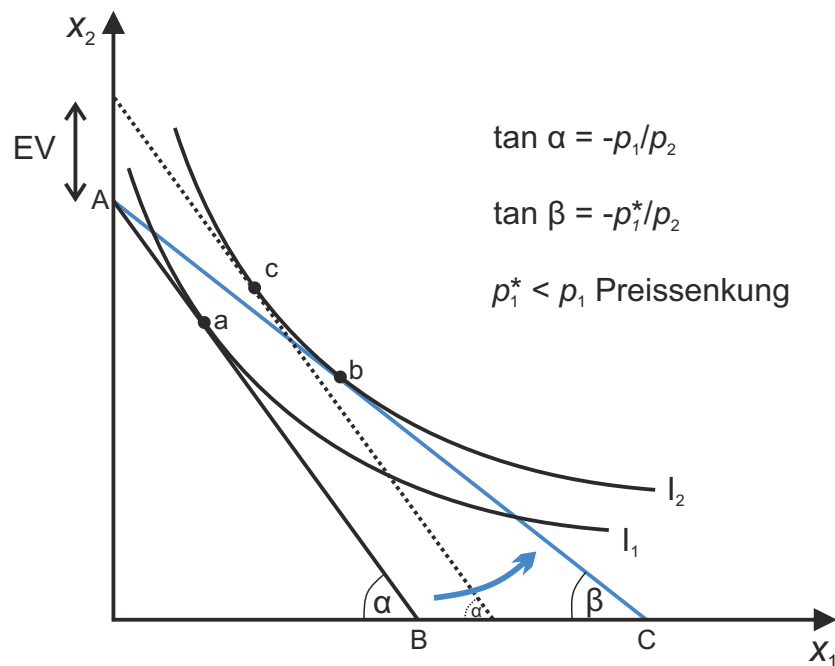


Abbildung 3.4.: Äquivalente Variation bei einer Preissenkung, Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Varian 2011, S. 286; Hanusch et al. 2011, S. 40; Boardman et al. 2006, S. 65

Erfährt der Haushalt einen Nutzengewinn durch das Projekt, lässt sich dies wie eine Preissenkung für das Gut 1 analysieren. Wie in Abbildung 3.4 dargestellt, wird der Haushalt nach der Preissenkung nicht mehr das Güterbündel a, sondern das Bündel b konsumieren. Bei einer fiktiven Einkommenserhöhung in Höhe der EV vor Durchführung des Projekts

bzw. anstelle der Durchführung des Projekts wird der Haushalt das Bündel c konsumieren. Er befindet sich damit auf dem gleichen Nutzenniveau wie bei Durchführung des Projekts. Die EV entspricht daher dem Geldbetrag, der dem Haushalt anstelle des Projekts zugeteilt werden müsste, damit er gleichgestellt wäre wie bei der Durchführung des Projekts. Die EV ist damit der Betrag, den der Haushalt fordern wird, falls auf das Projekt verzichtet wird (Mühlenkamp 1994, S. 47). Die EV entspricht also bei einem Nutzengewinn für den Haushalt der WTA, falls das Projekt nicht durchgeführt wird.

Ist der Haushalt jedoch ein Verlierer durch das Projekt, lässt sich dies analog zu den vorherigen Ausführungen wie eine Preissteigerung analysieren. Die EV entspricht dann dem Betrag, der dem Haushalt vor der Preissteigerung entzogen werden muss, damit er vorher das gleiche Nutzenniveau erreicht (Güterbündel c) wie nach der Preissteigerung (Güterbündel a) (vgl. Abbildung 3.5). Der Haushalt ist also bereit, einen Betrag maximal in Höhe der EV zu bezahlen, damit auf das Projekt verzichtet wird. Die EV entspricht deshalb bei einem Nutzenverlust durch das Projekt der WTP des Haushalts, damit das Projekt nicht durchgeführt wird.

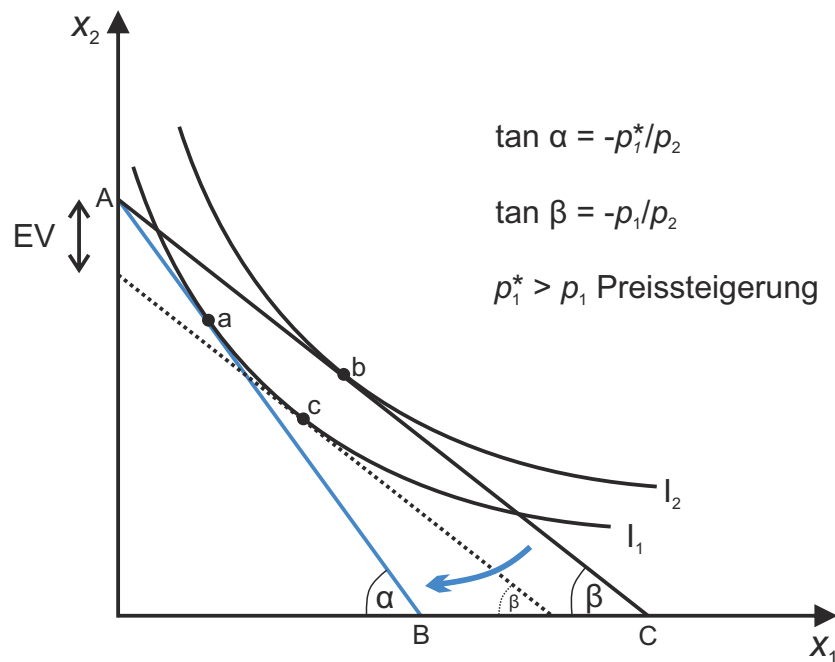


Abbildung 3.5.: Äquivalente Variation bei einer Preissteigerung, Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Varian 2011, S. 286; Hanusch et al. 2011, S. 40; Boardman et al. 2006, S. 65

Die Beziehung zwischen CV, EV und WTP bzw. WTA wird abschließend in Tabelle 3.1 dargestellt.

Wenn die monetären Beträge der Kompensations- oder der Äquivalenzvariation für alle betroffenen Individuen aufaddiert werden, erhält man die Wohlfahrtswirkungen öffentlicher Projekte im Sinne potentieller Paretoverbesserungen oder -verschlechterungen in Geldeinheiten (Hanusch et al. 2011, S. 20).

Die erläuterten Konzepte beziehen sich ausschließlich auf Preisänderungen. Insbesondere staatliche Gebote und Verbote stellen jedoch Mengenrestriktionen dar, sodass die zur

Tabelle 3.1.: Zusammenhang zwischen WTP/WTa und CV/EV, Quelle: eigene Darstellung, aufbauend auf Mitchell und Carson 1989, S. 25 und Mühlenkamp 1994, S. 68

	Projekt wird nicht durchgeführt	Projekt wird durchgeführt
Projekt-Gewinner	$ EV = WTA$	$ CV = WTP$
(Haushalt erfährt Nutzensgewinn, Analyse wie eine Preissenkung)	WTA für Verzicht auf Projekt	WTP für Durchführung des Projekts
Projekt-Verlierer	$ EV = WTP$	$ CV = WTA$
(Haushalt erfährt Nutzenverlust, Analyse wie eine Preissteigerung)	WTP für Verzicht auf Projekt	WTA für Durchführung des Projekts

Verfügung stehende Menge an Gütern für Konsumzwecke eingeschränkt wird. Da bei Geboten und Verboten die erlaubte Konsummenge vorgeschrieben wird, werden Substitutionsmöglichkeiten ausgeschlossen. Bei fehlenden Substitutionsmöglichkeiten sind die CV und EV jedoch keine geeigneten Maße für Nutzenänderungen, weshalb hierfür von Hicks der „kompensierende Überschuss“ bzw. „äquivalente Überschuss“ – von Hicks als „quantity-compensating variation“ und „quantity-equivalent variation“ bezeichnet (vgl. Hicks 1943, S. 35) – entwickelt wurden (Mühlenkamp 1994, S. 61 f.). Da Mengenrestriktionen für die nachfolgende Analyse nicht relevant sind und eine Diskussion dieser Nutzenmaße den Rahmen dieser Arbeit übersteigt, werden diese Maße nicht weiter verfolgt.

3.2.4. Konzeptionelle Probleme der Marshall'schen Konsumentenrente

Im ordinalen Nutzenkonzept liefert die Messung der Konsumentenrente nur korrekte Ergebnisse, wenn statt der Fläche unter der beobachtbaren Marshall-Nachfragefunktion die Fläche unter der kompensierten Hicks-Nachfragefunktion verwendet wird, da die Marshall'sche Konsumentenrente unter anderem Probleme hinsichtlich des Einkommenseffekts und der Pfadabhängigkeit aufweist (vgl. Mühlenkamp 1994, S. 40 ff.). Diese Probleme werden nun kurz vorgestellt. In Abschnitt 3.2.5 wird dann näher auf die Lösung dieser Probleme durch die Verwendung kompensierter Nachfragefunktionen eingegangen.

Einkommenseffekt

Es ist intuitiv verständlich, dass bei einem Sinken des Preises für ein Gut die Nachfrage eines Konsumenten nach dem Gut zunimmt, sofern es sich um ein gewöhnliches Gut handelt. Bei einem Giffen-Gut hingegen würde die Nachfrage bei Sinken des Preises abnehmen (Varian 2011, S. 149).

Die durch eine Preisänderung induzierte Nachfrageänderung lässt sich nun in zwei Effekte zerlegen, denn aufgrund einer Preisänderung ändert sich nicht nur die Nachfrage nach dem betroffenen Gut aufgrund des veränderten Preisverhältnisses zu allen anderen Gütern (Substitutionseffekt). Es ändert sich auch die Nachfrage nach dem betroffenen Gut aufgrund der veränderten Kaufkraft (Einkommenseffekt).

Es kann zwischen dem Slutsky-Einkommens- bzw. Substitutionseffekt und dem Hicks-Einkommens- bzw. Substitutionseffekt unterschieden werden. Ersterer verwendet das Güterbündel vor der Preisänderung als Maßstab für die Analyse. Im Gegensatz dazu wird in der Hicks'schen Version das Nutzenniveau konstant gehalten, um die beiden Effekte zu ermitteln (Varian 2011).

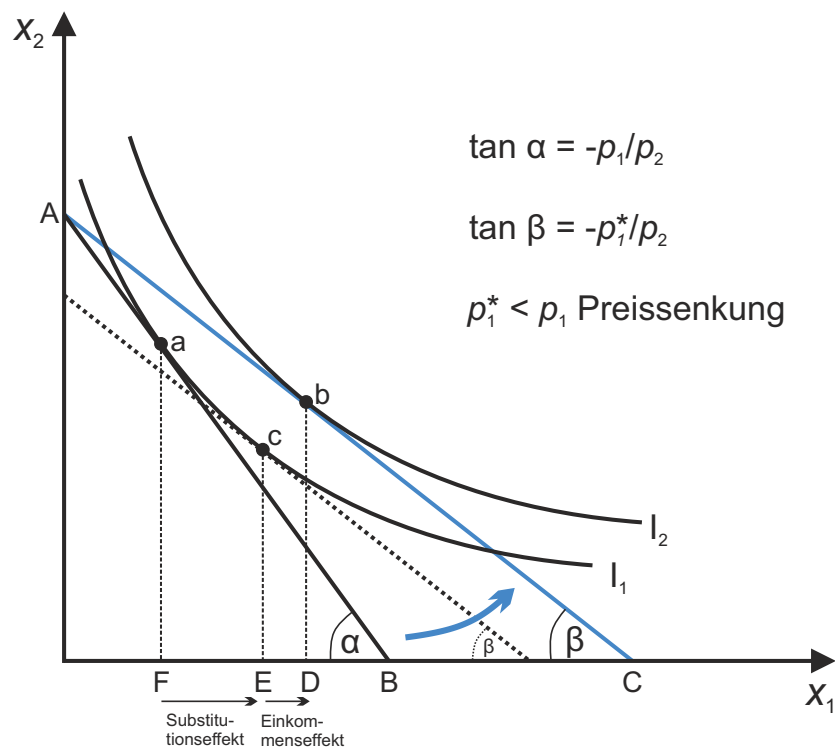


Abbildung 3.6.: Hicks-Einkommenseffekt, Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Varian 2011, S. 169

Im Folgenden wird kurz auf die Hicks'sche Version eingegangen (vgl. dazu Varian 2011, S. 168 f.). Die Analyse bezieht sich dabei auf Abbildung 3.6. Dargestellt ist eine Preissenkung für das Gut 1, sodass sich die Budgetgerade im Punkt A in die neue Budgetgerade AC dreht. Dadurch wird nicht mehr das Güterbündel a vor der Preissenkung, sondern das Güterbündel b nach der Preissenkung gewählt. Dieser Effekt lässt sich jetzt in den Einkommens- und Substitutionseffekt zerlegen.

Bei Konstanz des Nutzenniveaus und neuem Preisverhältnis wäre das Güterbündel c optimal. Der Hicks-Substitutionseffekt gibt also die Änderung der Nachfrage nach x_1 aufgrund der Änderung des Preisverhältnisses an. Dies entspricht der Strecke FE in Abbildung 3.6.

Der Effekt, der aus einer gedanklichen Erhöhung des Einkommens aufgrund der Preissenkung resultiert, sodass statt des Güterbündels c das Güterbündel b optimal ist, wird Hicks-Einkommenseffekt genannt, dargestellt durch die Strecke ED in Abbildung 3.6.

Die Höhe und das Vorzeichen der beiden Effekte hängt von den konkreten Präferenzen der Konsumenten und damit vom funktionalen Verlauf der Indifferenzlinien ab (Varian 2011, S. 161 ff.).

Wie gezeigt wurde, erhöht sich aufgrund des Einkommenseffekts das Nutzenniveau der Konsumenten bei einer Preissenkung. Sinkt der Preis für ein Gut, so werden auch alle bereits zum alten Preis konsumierten Einheiten günstiger, sodass sich eine gedankliche Einkommenserhöhung für den Konsumenten ergibt. Die Zahlungsbereitschaft für zusätzliche Einheiten hängt also davon ab, dass die vorher bereits konsumierten Einheiten eines Gutes billiger werden (van Suntum 1986, S. 27). Der Einkommenseffekt führt nun dazu, dass die Zahlungsbereitschaft für zusätzliche Einheiten eines Gutes nicht den zusätzlichen Nutzen, der durch diese generiert wird, angibt. Bei einem großen Einkommenseffekt stellt die Messung der Zahlungsbereitschaft anhand der Marshall'schen Nachfragekurve also keine angemessene Approximation der Nutzenänderung dar.

Pfadabhängigkeitsproblem

Das Pfadabhängigkeitsproblem kann auftreten, wenn die Wirkungen eines Projektes auf mehreren Märkten stattfinden und bewertet werden müssen. Obwohl am Ende für den Haushalt identische Preisverhältnisse vorliegen, kann das Konzept der Marshall'schen Konsumentenrente zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, je nachdem, welche gedankliche Reihenfolge der Preisänderung verfolgt wird (Mühlenkamp 1994, S. 42). Dies wird jetzt an einem kurzen Beispiel verdeutlicht. Eine genaue theoretische Erläuterung dazu findet sich als weiterführende Ergänzung im Anhang A.2 dieser Arbeit.

Betrachtet wird die ICE-Neubaustrecke von Köln nach Frankfurt sowie Flugverbindungen von Köln nach Frankfurt. Aufgrund der ICE-Neubaustrecke verkürzt sich die Fahrzeit im Schienenverkehr auf der Verbindung stark, was wie ein Sinken des Preises für eine Fahrt analysiert werden kann. Bei der Analyse können gedanklich zwei Pfade verfolgt werden:

- Pfad 1: Zuerst sinkt der Preis einer Fahrt auf der Schienenstrecke durch die ICE-Neubaustrecke und Bahnfahrer profitieren von einer zusätzlichen Konsumentenrente. Dadurch sinkt die Nachfrage auf dem substitutiven Markt für Flugverbindungen von Köln nach Frankfurt. Für das vorliegende Beispiel wird angenommen, dass wegen der geringeren Nachfrage der Preis für Flüge sinkt. Flugreisenden fällt damit auch eine Rente zu.
- Pfad 2: Zuerst sinkt der Preis für Flüge aufgrund einer Maßnahme im Luftverkehr und Flugreisende profitieren von einer zusätzlichen Konsumentenrente. Dadurch sinkt die Nachfrage nach Schienenfahrten. Für das Beispiel sei unterstellt, dass durch die geringere Nachfrage der Preis einer Bahnfahrt sinkt, Bahnfahrern fällt damit auch eine Rente zu.

Obwohl am Ende aller Anpassungsprozesse die Preise bei Pfad 1 den Preisen bei Pfad 2 entsprechen, kann die unterschiedliche Reihenfolge der Einzelwirkungen zu unterschiedlichen Analyseergebnissen führen (Mühlenkamp 1994, S. 42).

3.2.5. Kompensierte Hicks-Nachfragefunktionen

Die in Abschnitt 3.2.4 erläuterten Probleme der Marshall'schen Konsumentenrente können durch Verwendung der Hicks-Nachfragefunktionen gelöst werden. Van Suntum (1986, S. 34) konstatiert, dass „die Hicks'schen Versionen der Konsumentenrente in Form von CV bzw. EV auf den ersten Blick von rein akademischem Wert zu sein“ scheinen, da sich die Indifferenzkurvenfelder in der Realität nicht beobachten lassen. Allerdings lässt sich der Zusammenhang zum Marshall'schen Flächenmaß herstellen. Deshalb soll im Folgenden anhand von Abbildung 3.7 kurz auf die aus der kompensierenden bzw. äquivalenten Einkommensvariation abgeleitete Hicks-Nachfragefunktion eingegangen werden.

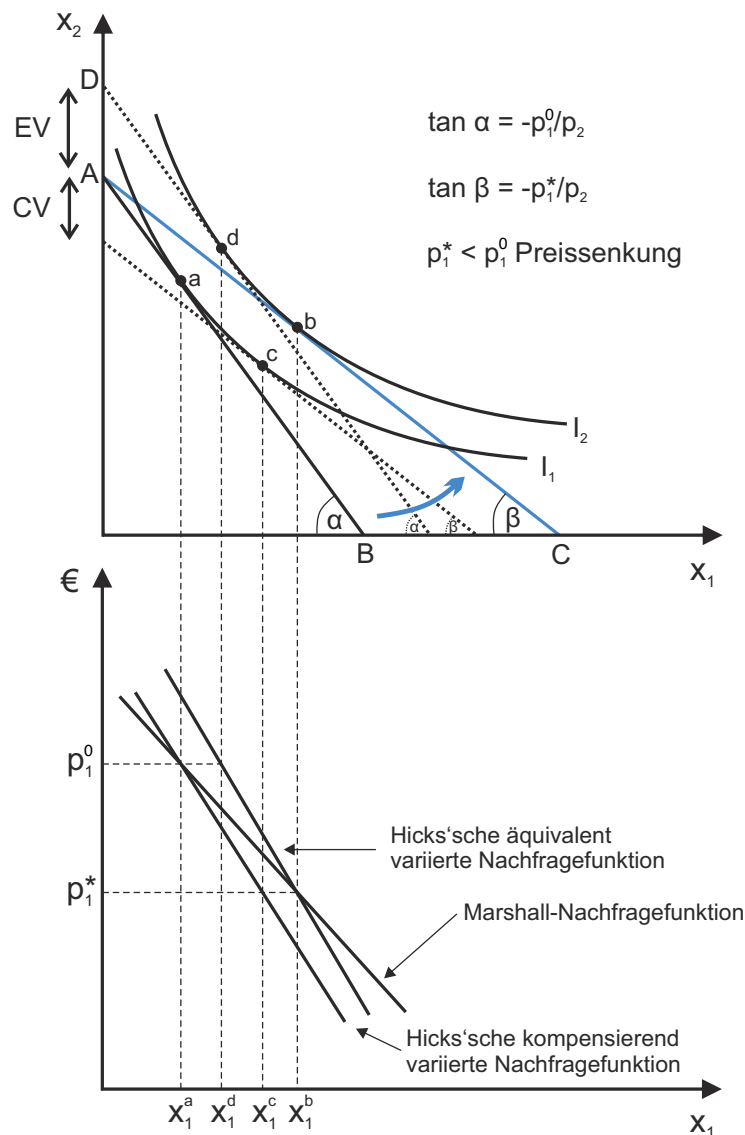


Abbildung 3.7.: Marshall-Nachfragefunktion und Hicks-kompensierte Nachfragefunktionen, Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Mühlkamp 1994, S. 51; van Suntum 1986, S. 36; Boardman et al. 2006, S. 65

Ausgangssituation ist die Budgetgerade AB, sodass der Haushalt das Güterbündel a auf der Indifferenzkurve I_1 wählt. Der Preis p_2 des Gutes 2 wird bei der Analyse konstant gehalten. Bei einer Preissenkung von p_1^0 auf p_1^* und bei gleichbleibendem Einkommen realisiert der Haushalt das Güterbündel b. Die Verbindung beider Mengen x_1^a und x_1^b bei den

dazugehörigen Preisen p_1 wird als Marshall-Nachfragefunktion $x_1^{\text{Marshall}}(p_1, \bar{p}_2, \bar{m})$ bezeichnet (van Suntum 1986, S. 34). Dies ist die in der Realität beobachtbare Nachfragefunktion bei konstantem Einkommen m und bei Konstanz aller anderen Preise p_2 .

Wie bereits erläutert, ist bei der CV das Nutzenniveau vor der Preisänderung die Referenzgröße. Bei der kompensierend variierten Nachfragefunktion wird dementsprechend das Nutzenniveau U_1 (repräsentiert durch die Indifferenzkurve I_1 in Abbildung 3.7) vor der Preisänderung fixiert. Die Verbindung der Mengen x_1^a und x_1^c bei den dazugehörigen Preisen p_1 und konstantem Preis p_2 wird als kompensierend variierte Hicks-Nachfragefunktion $x_1^{\text{CV}}(p_1, \bar{p}_2, \bar{U}_1)$ bezeichnet (vgl. Mühlenkamp 1994, S. 52).

Die äquivalent variierte Hicks-Nachfragefunktion $x_1^{\text{EV}}(p_1, \bar{p}_2, \bar{U}_2)$ ergibt sich, wenn das Nutzenniveau U_2 (repräsentiert durch die Indifferenzkurve I_2 in Abbildung 3.7) nach der Preisänderung fixiert wird.

Dabei entspricht die Fläche unter den einkommensvariierten Hicks-Nachfragefunktionen und oberhalb des Preises der kompensierenden bzw. äquivalenten Einkommensvariation (Mühlenkamp 1994, S. 54). Die Fläche unterhalb der Marshall-Nachfragefunktion und oberhalb des Preises gibt – wie bereits erläutert – die Konsumentenrente an.

Auf Märkten für normale Güter ist bei Preissenkungen die CV kleiner als die absolute Änderung der Konsumentenrente ΔKR nach Marshall, die EV ist hingegen größer (Mühlenkamp 1994, S. 57):

$$|\text{CV}| < \Delta\text{KR} < |\text{EV}| \quad (3.2.1)$$

Bei Preissteigerungen gilt die Reihenfolge umgekehrt. Auch bei inferioren Gütern kehren sich die beschriebenen Relationen um (Mühlenkamp 1994, S. 57 f.).

Für gewöhnlich verlaufen die Hicks-kompensierten Nachfragefunktionen steiler als die Marshall-Nachfragefunktionen, da die kompensierten Nachfragefunktionen vom Einkommenseffekt bereinigt sind und nur den Substitutionseffekt widerspiegeln (Boardman et al. 2006, S. 67; Mühlenkamp 1994, S. 52). Damit ergibt sich ein unterschiedlich hoher Betrag für die Konsumentenrente, je nachdem, ob diese als CV oder als EV interpretiert wird. Da jedoch fast immer Substitute für ein bestimmtes Gut verfügbar seien, sodass der Einkommenseffekt im Verhältnis zum Substitutionseffekt relativ klein sei, könne in den meisten Fällen ohne größere Bedenken das Marshall'sche Flächenmaß als Approximation von CV bzw. EV verwendet werden (Hicks 1943, S. 40).

Hanusch et al. (2011, S. 52) konstatieren, dass es letztendlich dem Analytiker überlassen bleibt, welches Verfahren er für seine Bewertung verwendet, da aus Praxissicht die wohlfahrtstheoretischen „Probleme, so gravierend sie auch unter theoretischen Gesichtspunkten erscheinen mögen, mehr oder weniger esoterischer Natur“ sind. Im praktischen Bewertungsprozess sei man auf ökonometrisch geschätzte Nachfragekurven, die unausweichlich fehlerbehaftet seien, angewiesen, sodass die theoretischen Einwände verblassten.

Van Suntum (1986, S. 80) kommt zu dem Schluss, dass „die Fläche unter der Nachfragekurve ein sinnvolles Maß für die – wie auch immer definierte – Konsumentenrente ist, solange der Einkommenseffekt als vernachlässigbar betrachtet werden kann“.

Für die Analyse der auftretenden ökonomischen Effekte durch eine Schieneninfrastrukturmaßnahme in Kapitel 4 wird deshalb ein vernachlässigbarer Einkommenseffekt angenommen (bzw. unterstellt, dass es sich um kompensierte Hicks-Nachfragefunktionen handelt), sodass das Konzept des Sozialen Überschusses als Maß für die Nutzenänderung der Marktakteure herangezogen werden kann.

3.2.6. Wohlfahrtsveränderungskriterien

In den vorhergehenden Abschnitten wurde betrachtet, wie die Nutzenänderungen von Individuen bzw. Haushalten durch ein Projekt ermittelt werden können, wobei nur auf die Betrachtung eines einzelnen Haushalts konzentriert wurde. Zur Bewertung gesellschaftlicher Nutzenänderungen ist allerdings ein Kriterium notwendig, das die Beurteilung verschiedener gesellschaftlicher Zustände ermöglicht.

Pareto-Kriterium

Ein solches Kriterium ist das Pareto-Kriterium. Eine Güterallokation ist Pareto-effizient, wenn keine alternative Allokation mindestens eine Person besser stellen kann, ohne eine andere Person schlechter zu stellen (vgl. Boardman et al. 2006, S. 26 f.). In Abbildung 3.8 ist eine einfache Situation mit zwei Haushalten dargestellt. Auf den Achsen sind die Nutzen U_1 des Haushalts 1 und U_2 des Haushalts 2 abgetragen. Alle Realisierungen auf der Nutzenmöglichkeitengrenze bzw. -kurve sind Pareto-effiziente Allokationen, da von ihnen ausgehend kein Haushalt besser gestellt werden kann, ohne einen anderen Haushalt schlechter zu stellen. Situation B ist nicht Pareto-optimal, denn alle Realisierungen im grau markierten Bereich stellen Pareto-Verbesserungen gegenüber der Situation B dar, da dann beide Individuen besser gestellt sind. Ausgehend von Situation B ist die Situation A keine Pareto-Verbesserung, da der Nutzen des Haushalts 1 gegenüber Situation B abnehmen würde. Situation A und C sind nicht Pareto-vergleichbar: Beide Allokationen sind zwar Pareto-effizient, es kann jedoch nicht gesagt werden, ob A oder C Pareto-besser ist.

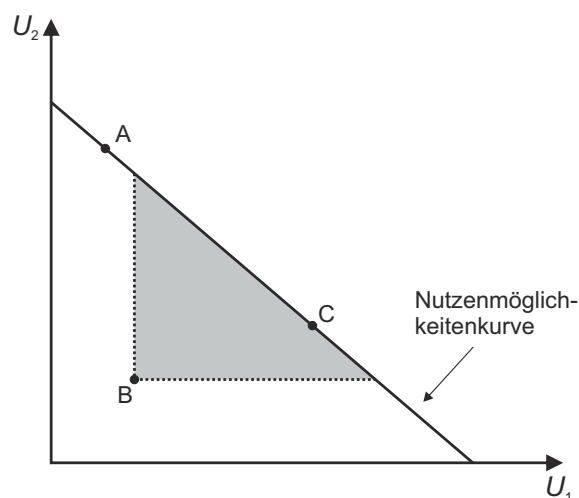


Abbildung 3.8.: Pareto-Effizienz, Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Brümmerhoff 2011, S. 46

Kaldor-Hicks-Kriterium

Bei positivem Nettonutzen eines Projekts können die Gewinner eines Projektes die Verlierer entschädigen und wären immer noch besser gestellt. Wenn also ein Projekt einen positiven Nettonutzen generiert, stellt es eine potentielle Pareto-Verbesserung dar (Boardman et al. 2006, S. 28 ff.). In der Praxis stehen der tatsächlichen Kompensation der Verlierer durch die Gewinner jedoch Probleme gegenüber (Boardman et al. 2006, S. 30):

- Es müssten nicht nur aggregierte Kosten und Nutzen, sondern auch Kosten und Nutzen auf individueller Ebene gemessen werden. Dies wäre sehr teuer.
- Die administrativen Kosten der Umverteilung für jedes einzelne Projekt wären hoch.
- Die Kompensationszahlungen dürfen keine negativen Anreize auf das Arbeits- und Investitionsverhalten der Haushalte schaffen.
- Haushalte hätten einen Anreiz, die persönlichen Kosten eines Projekts zu übertreiben und ihre persönlichen Nutzen zu untertreiben.

Deswegen orientiert sich die KNA am Kriterium der potentiellen Pareto-Kompensation nach dem Kaldor-Hicks-Kriterium. Das Kaldor-Hicks-Kriterium besagt, dass eine Situation B besser als eine Situation A ist, wenn die Gewinner die Verlierer potentiell kompensieren können und trotzdem besser gestellt wären (vgl. Mühlenkamp 1994, S. 92; Boardman et al. 2006, S. 31). Mühlenkamp (1994, S. 92) weist darauf hin, dass es sich hierbei um zwei Kriterien handelt, das Kaldor- und das Hicks-Kriterium. Nach dem Kaldor-Kriterium muss die Summe der kompensierenden Einkommensvariation über alle Gewinner und Verlierer positiv sein, nach dem Hicks-Kriterium muss die Summe der äquivalenten Einkommensvariation aller Beteiligten positiv sein.

Das Kaldor und das Hicks-Kriterium sind für sich genommen nicht eindeutig. Es kann unter gewissen Bedingungen dazu kommen, dass eine Situation B einer Situation A nach dem Kaldor- bzw. dem Hicks-Kriterium vorzuziehen ist und beim anschließenden Vergleich zwischen A und B wieder Situation A der Situation B vorzuziehen ist („Scitovsky-Paradoxon“, vgl. Mühlenkamp 1994, S. 93 ff.). Erst durch Kombination von Kaldor- und Hicks-Kriterium kann dieser Zyklus verhindert werden (Scitovsky-Doppeltest, vgl. Mühlenkamp 1994, S. 96 ff.).

4. Ökonomische Effekte von Schieneninfrastrukturmaßnahmen

Art und Ausmaß der durch eine Schieneninfrastrukturmaßnahme auftretenden Effekte hängen immer auch von der konkreten Situation, in der die Maßnahme durchgeführt wird, ab. Insbesondere bei nichtverkehrlichen Nutzen – also bei über reine Zeit- und Betriebskostensparnisse hinausgehenden Effekten – ist zu beachten, dass die gleiche Schieneninfrastrukturinvestition an unterschiedlichen Orten nicht notwendigerweise die gleichen Einflüsse hat (Banister und Thurstain-Goodwin 2011, S. 217). Dies ist stets im Hinterkopf zu behalten, wenn im Folgenden verschiedene Ansätze vorgestellt werden, wie die durch eine Schieneninfrastrukturmaßnahme verursachten ökonomischen Effekte identifiziert und analysiert werden können.

Zur Analyse der ökonomischen Wirkungen durch Infrastrukturmaßnahmen haben sich in der Literatur eine Vielzahl verschiedener Denkschulen und Modelle herausgebildet, die in ihrer Anzahl kaum zu überblicken sind. In einer groben Systematisierung lassen sich diese den folgenden Ansätzen zuordnen (Lakshmanan 2011, S. 1; Lakshmanan und Anderson 2002, S. 30 ff.):

- Makroökonomische Modelle
- Mikroökonomische Modelle
- Modelle allgemeiner Gleichgewichtseffekte

Die drei genannten Verfahren unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich ihrer Aggregationsebene. Banister und Thurstain-Goodwin (2011) sprechen deshalb auch von makro-, mikro- und mesoökonomischen Effekten.

Zu beachten ist, dass sich die Ansätze teilweise überschneiden und etwas unterschiedliche Klassen ökonomischer Effekte messen (Lakshmanan und Anderson 2002, S. 33). Deshalb birgt eine zusammengefasste Analyse und Bewertung auf allen drei Ebenen die Gefahr von Doppelzählungen der auftretenden Nutzen (Banister und Thurstain-Goodwin 2011, S. 221).

Während die mikroökonomische Analyse eine transparente kausale Struktur aufweist und die direkten Effekte – und zu einem gewissen Grad auch die indirekten Effekte – einer Maßnahme erfasst, haben makroökonomische Modelle eine undurchsichtigere Struktur (Lakshmanan und Anderson 2002, S. 33), sodass in makroökonomischen Untersuchungen eine Wirkungskette nicht explizit berücksichtigt wird, sondern die Endergebnisse zwischen einer Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur und volkswirtschaftlichen Größen verglichen

werden (Sommer et al. 2004, S. 20). Im Gegensatz dazu lassen sich bei einer mikroökonomischen Betrachtungsweise aufgrund der niedrigeren Aggregationsebene ökonomische Wirkungsketten stärker abbilden, indem einzelwirtschaftliche Wirkungen der verbesserten Verkehrsinfrastruktur betrachtet werden, z.B. werden einzelwirtschaftliche Nutzen und Kosten innerhalb einer KNA gegenübergestellt und aus dem Vergleich der Nettoeffekt des Projektes ermittelt (Sommer et al. 2004, S. 29). Sommer et al. (2004, S. 33 ff.) kommen zu dem Schluss, dass die Kausalität im mikroökonomischen Ansatz sehr direkt und der mikroökonomische Ansatz wohlfahrtstheoretisch sehr fundiert ist, jedoch zusätzliche Wachstumseffekte bzw. Multiplikatoreffekte nur schwer erfassbar sind. Im makroökonomischen Ansatz finden diese zusätzlichen induzierten Effekte auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP) einer Volkswirtschaft Berücksichtigung, dafür ist aber der Nachweis über die tatsächliche Kausalität schwierig. Oftmals wird deshalb auch von „black box“-Modellen gesprochen (Lakshmanan und Anderson 2002, S. 31; Lakshmanan 2011, S. 7).

In Abschnitt 4.1 wird zuerst näher auf die makroökonomische Analyse eingegangen. Es wird sich zeigen, dass diese für die Erfassung der ökonomischen Effekte von konkreten Schieneninfrastrukturmaßnahmen zu hoch aggregiert ist. Deshalb wird in Abschnitt 4.2 auf mikroökonomisch analysierbare Effekte eingegangen. Abschnitt 4.3 gibt einen Ausblick auf allgemeine Gleichgewichtsmodelle.

4.1. Makroökonomische Analyse

Der Zusammenhang zwischen wirtschaftlichem Wachstum – im Sinne eines höheren Outputs und gesteigerter Produktivität einer Volkswirtschaft – durch öffentliches Kapital findet breite Unterstützung in der empirischen Literatur. Zu diesem Schluss kommen Schade et al. (2006, S. 124 f.) nach einer Auswertung verschiedener Studien. Demnach seien die Effekte zwar positiv, aber insgesamt nicht so hoch, wie in den ersten Studien zu diesem Thema festgestellt wurde.

Die Modellierung des Zusammenhangs zwischen (Verkehrs-) Infrastrukturinvestitionen und Wirtschafts- bzw. Produktivitätswachstum wurde grundlegend durch den Aufsatz von Aschauer (1989) geprägt. Dieser lieferte anhand eines Produktionsfunktionsansatzes Werte für die Outputelastizität öffentlicher Infrastruktur.

Da die Studie von Aschauer eine prominente Rolle innerhalb der makroökonomischen Analyse von Infrastrukturinvestitionen einnimmt, kann die vorliegende Arbeit nicht ohne eine Erläuterung des zugrundeliegenden Produktionsfunktionsansatzes auskommen. Ausgangspunkt ist eine makroökonomische Produktionsfunktion, der als zusätzlichem Inputfaktor das Infrastrukturkapital G hinzugefügt wird. Dadurch ergibt sich folgende Form der Produktionsfunktion (Aschauer 1989, S. 179, an eigene Notation angepasst):

$$Y_i = P_i \cdot F(K_i, L_i, G_i) \quad (4.1.1)$$

Dabei stellt Y ein Maß für den aggregierten realen Output an Gütern und Dienstleistungen des privaten Sektors dar, K und L sind die Produktionsfaktoren Kapital und Arbeit und

G das Infrastrukturkapital. P ist ein Produktivitätsmaß, i ein Zeitindex. Wird eine Cobb-Douglas-Form der Produktionstechnologie unterstellt, ergibt sich folgende Gleichung:

$$Y_i = P_i \cdot K_i^\alpha L_i^\beta G_i^\gamma \quad (4.1.2)$$

Dabei bezeichnen α , β und γ die Output-Elastizitäten für Kapital, Arbeit und öffentliche Infrastruktur (der Beweis dazu erfolgt im Anhang A.1). Die Outputelastizität eines Produktionsfaktors gibt an, um wie viel Prozent der Output steigt, wenn der Einsatz des betrachteten Faktors um ein Prozent erhöht wird (Ragnitz et al. 2013, S. 59). Die Outputelastizität der Infrastrukturinvestitionen G ist also der Parameter γ :

$$\gamma = \frac{\partial Y}{\partial G} \cdot \frac{G}{Y} \quad (4.1.3)$$

Damit ist γ genau die gesuchte Größe zur Beschreibung der volkswirtschaftlichen Produktivitätswirkungen durch Infrastrukturinvestitionen.

Aus Gleichung 4.1.2 lässt sich durch Logarithmieren eine Gleichung herleiten, die anschließend ökonometrisch geschätzt werden kann (Wieland 2007, S. 383):

$$\ln Y_i = \ln P_i + \alpha \cdot \ln K_i + \beta \cdot \ln L_i + \gamma \cdot \ln G_i \quad (4.1.4)$$

Die Verwendung kleiner Buchstaben für die Logarithmen liefert:

$$y_i = p_i + \alpha \cdot k_i + \beta \cdot l_i + \gamma \cdot g_i \quad (4.1.5)$$

Aschauer (1989) ermittelte Werte für die Outputelastizität γ im Bereich $0,38 < \gamma < 0,56$. Eine einprozentige Erhöhung der Infrastrukturinvestitionen hätte also einen Zuwachs des BIP um 0,38 Prozent bis 0,56 Prozent bewirkt.

Diese Werte scheinen unplausibel hoch zu sein: Gramlich (1994) konnte zeigen, dass das Einsetzen von tatsächlichen Werten für Y und G eine unrealistisch hohe Kapitalverzinsung von über 100 Prozent ergäbe. Dies würde bedeuten, dass sich eine Einheit Infrastrukturkapital bereits nach einem Jahr oder weniger refinanziert hätte (Gramlich 1994, S. 1186). Ragnitz et al. (2013, S. 60 f.) sehen nach der Auswertung verschiedener Studien die Werte für die Outputelastizität der öffentlichen Infrastruktur in der Europäischen Union eher im Bereich von $0,1 < \gamma < 0,2$, für die reine Verkehrsinfrastruktur bei etwa $0,05 < \gamma < 0,06$.

Ein zusätzliches großes Problem bei der Schätzung einer Produktionsfunktion ist die mögliche umgekehrte Kausalität (Romp und de Haan 2007, S. 16), da zum Beispiel ein höherer Output zu einem höheren Einkommen und in Folge dessen zu einem höheren Kapitalstock K führen kann. Aufgrund dieser möglichen Rückkopplung ist es also nicht fehlerfrei möglich, die ökonometrisch geschätzte Produktionsfunktion als eindeutige kausale Beziehung zwischen Inputfaktoren und Output aufzufassen. Weiterhin besteht eine mögliche Rückkopplung zwischen gesteigertem Einkommen und einer höheren Nachfrage nach Infrastruktur (Romp und de Haan 2007, S. 17). Damit kann also nicht geklärt werden, ob die

Produktivität hoch ist, weil die Infrastrukturinvestitionen hoch sind, oder die Infrastrukturinvestitionen hoch sind aufgrund hoher Produktivität und hohem Wachstum (Ragnitz et al. 2013, S. 61).

Als weitere Probleme werden von Ragnitz et al. (2013, S. 61) genannt, dass kein vollständiges Modell der Volkswirtschaft als Ganzes zu Grunde gelegt wird und so beispielsweise Crowding-out Effekte – also das Verdrängen privater Investitionen durch öffentliche Investitionstätigkeit – unberücksichtigt bleiben. Zusätzlich ergeben sich Schwierigkeiten bei der genauen Bestimmung und monetären Bewertung des öffentlichen Kapitalstocks G .

Darüber hinaus wird im Produktionsfunktionsansatz die öffentliche Infrastruktur G gleich behandelt wie die Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital. Dies verletzt die Grenzproduktivitätstheorie, denn darin steckt die implizite Annahme, dass ein Markt, charakterisiert durch Stückkosten für Infrastruktur, existiere (Duggal et al. 1999, S. 49). Dieser sei individuellen Firmen bekannt und könne zur Kalkulation der Gesamtkosten verwendet werden. Dies ist jedoch nicht der Fall, da die Öffentliche Infrastruktur durch das allgemeine Steueraufkommen oder durch öffentliche Verschuldung finanziert wird. Die Stückkosten von Infrastruktur sind damit nicht auf einem Markt gebildet (Duggal et al. 1999, S. 49).

Neben dem am häufigsten angewendeten Produktionsfunktionsansatz gibt es noch weitere Ansätze, welche versuchen, die erläuterten konzeptionellen Probleme zu überwinden. Dies sind der Kostenfunktionsansatz, Vektor-Autoregressive Modelle und Querschnittsstudien. Eine Darstellung dieser Ansätze übersteigt den Rahmen dieser Arbeit, weshalb an dieser Stelle auf Romp und de Haan (2007) verwiesen sei, die insbesondere die Vor- und Nachteile verschiedener Ansätze diskutieren. Eine tabellarische Zusammenfassung von Vor- und Nachteilen findet sich auch in Ragnitz et al. (2013, Anhang, S. 155, Tabelle 13).

Romp und de Haan (2007, S. 33 f.) kommen nach der Auswertung verschiedener Studien zu dem Schluss, dass

- der Einfluss sehr viel niedriger ist als ursprünglich von Aschauer (1989) festgestellt wurde (Romp und de Haan 2007, S. 33).
- der Effekt staatlicher Investitionen sich je nach Land, Region und Sektoren unterscheidet und auch von institutionellen und politischen Gegebenheiten abhängen kann. Je größer der Kapitalstock eines Landes und je besser seine Qualität, desto geringer werden die Auswirkungen zusätzlicher staatlicher Investitionen sein (Romp und de Haan 2007, S. 33).
- die politischen Gegebenheiten, die möglicherweise die Unterschiede in den Kapitalstöcken erklären könnten, noch nicht ausreichend untersucht worden sind. Beispielsweise könnten politische Rahmenbedingungen und Korruption Einfluss auf den öffentlichen Kapitalstock nehmen (Romp und de Haan 2007, S. 33).
- nur wenige Studien die Output-Effekte durch Infrastrukturinvestitionen auf solide theoretische Modelle aufbauen, die erklären können, wie Infrastruktur wirtschaftliches Wachstum beeinflusst. Eine simple Aufnahme der staatlichen Ausgaben in die aggregierte Produktionsfunktion vernachlässigt die komplexen Wirkungen (Romp und de Haan 2007, S. 33 f.).

Schade et al. (2006, S. 124 f.) weisen darauf hin, dass eine isolierte Betrachtung der Rendite durch öffentliche Infrastrukturinvestitionen – wie sie in den meisten Studien ermittelt wird – nicht zur Rechtfertigung öffentlicher Infrastrukturinvestitionen herangezogen werden kann, solange sie nicht ins Verhältnis der Kosten gesetzt werden. Bei gegebenen beschränkten Ressourcen könne die Regierung genauso in andere Arten öffentlicher Anlagen investieren, welche eine höhere Kapitalverzinsung ermöglichen könnten.

Als großes Defizit makroökonomischer Studien identifizieren Lakshmanan und Anderson (2002, S. 61 f.) die Tatsache, dass der makroökonomische Ansatz nicht den Netzwerkcharakter von Verkehrsinfrastrukturen beachtet. Produktivitätsverbessernde Effekte hängen insbesondere davon ab, wo in einem Netzwerk eine zusätzliche Investition stattfindet. In Engpassbereichen können die Effekte stärker sein als in gut ausgebauten Regionen. Auch werden die Effekte in hoch entwickelten Volkswirtschaften mit einem großen Kapitalstock an Infrastruktur eher klein sein, während in Entwicklungsländern beim Aufbau eines Netzes deutlich größere Effekte zu erwarten sind.

Abschließend deutet Einiges darauf hin, dass Infrastruktur eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung für Wachstum und Produktivität ist. Verkehrsinfrastruktur kann also Wachstum und wirtschaftliche Entwicklung erleichtern, aber nicht erzeugen (Wieland 2007, S. 380).

Für die vorliegende Arbeit, die ökonomische Effekte von Schieneninfrastrukturmaßnahmen untersucht, lässt sich also folgendes Fazit ziehen:

- Der hier präsentierte ökonometrische Ansatz auf makroökonomischer Aggregationsebene lässt keine Rückschlüsse der Auswirkungen auf konkrete (Schienen-) Infrastrukturmaßnahmen zu.
- Die Schieneninfrastruktur als Teil der öffentlichen Infrastruktur trägt sicherlich zur Produktivität und zu wirtschaftlichem Wachstum im Sinne eines gesteigerten BIP einer Volkswirtschaft bei, wie und in welchem Ausmaß lässt sich jedoch nicht zweifelsfrei sagen.

4.2. Mikroökonomische Analyse

Im Gegensatz zum makroökonomischen Ansatz, der den Zusammenhang von aggregierten Infrastrukturgrößen und dem wirtschaftlichen Wachstum einer Region beziehungsweise eines Landes herstellt, konzentriert sich die mikroökonomische Perspektive auf konkrete Infrastrukturmaßnahmen. Das traditionelle Instrument dafür ist die KNA, welche – im Gegensatz zur ex post-Analyse der makroökonomischen Zusammenhänge – meist ex ante durchgeführt wird. Die beiden grundlegenden Paradigmen der KNA sind dabei das Bewertungskriterium (ökonomische Effizienz) und die Modellierung partieller Gleichgewichte, also Gleichgewichtszustände auf einzelnen Märkten (Lakshmanan 2011, S. 2).

Einschub: Klassifikation von Effekten in der Literatur

Zur Bewertung relevanter Effekte innerhalb der KNA werden auftretende Nutzen und Kosten in der Literatur häufig wie in Tabelle 4.1 klassifiziert.

Tabelle 4.1.: Klassifizierung der Effekte in der KNA nach Musgrave et al. 1994, S. 189 ff.

Reale Effekte	Pekuniäre Effekte
<ul style="list-style-type: none"> • Direkt/indirekt • Tangibel/intangibel • Final/intermediär • Intern/extern 	

- Reale Effekte sind unmittelbare Veränderungen in der Versorgung der Individuen oder Haushalte mit Gütern oder Dienstleistungen, die damit auch die gesellschaftliche Wohlfahrt verändern (Hanusch et al. 2011, S. 9), z.B. Zeitersparnisse beim Ausbau einer Straße.
- Dagegen rufen pekuniäre Effekte bei den Konsumenten „Verteilungsänderungen auf dem Wege monetärer Transfervorgänge hervor“ (Hanusch et al. 2011, S. 9). Die absolute Höhe der gesellschaftlichen Wohlfahrt wird von den Verschiebungen der individuellen Einkommen bei Vollbeschäftigung nicht beeinflusst, da den Gewinnen auf der einen Seite Verluste auf der anderen Seite gegenüberstehen (Hanusch et al. 2011, S. 9). In der Literatur werden als Standardbeispiel für pekuniäre Effekte die zusätzlichen Gewinne von Raststättenbetreibern genannt, wenn an einer Autobahn neue Raststätten gebaut und von Reisenden genutzt werden. Die Gewinne der Raststätten gleichen in der traditionellen KNA die Verluste bei ungünstiger gelegenen Gaststätten aus (Hanusch et al. 2011, S. 9). Deshalb werden in der traditionellen KNA pekuniäre Effekte nicht als echte Wirkungen auf die Wohlfahrt der Gesellschaft anerkannt, sondern nur die realen Effekte eines Projekts auf das Nutzenniveau von privaten Haushalten (Hanusch et al. 2011, S. 9). Pekuniäre Veränderungen sollten daher nicht in die Bewertung eingehen, wenn nicht verteilungspolitische Gesichtspunkte zu berücksichtigen sind (Musgrave et al. 1994, S. 191).
- Reale Effekte können direkt oder indirekt auftreten. Direkte Effekte werden auch als primäre, indirekte als sekundäre Effekte bezeichnet (Musgrave et al. 1994, S. 191). Direkte Effekte sind die bewusst durch die Politiker angestrebten Effekte, während indirekte Effekte lediglich als Nebenfolgen des öffentlichen Vorhabens anfallen (Hanusch et al. 2011, S. 10).
- Eine weitere wichtige Unterscheidung ist die zwischen tangiblen und intangiblen Effekten. Tangibel sind Nutzen oder Kosten, die am Markt bewertet werden können, während intangible Effekte keinen Marktpreis haben (Musgrave et al. 1994, S. 192). Die Unterscheidung findet hier also bezüglich der Messbarkeit statt, da zum Beispiel ästhetische Effekte einer Eisenbahnbrücke quantitativ schwer messbar sind. Die Grenze zwischen tangiblen und intangiblen Effekten lässt sich jedoch nicht eindeutig ziehen (Hanusch et al. 2011, S. 10), da unterschiedliche methodische Ansätze zur

Quantifizierung intangibler Effekte bestehen (z.B. Revealed Preference Methoden und Stated Preference Methoden).

- Finale Effekte wirken unmittelbar auf den Nutzen der Konsumenten, während intermediäre Effekte in die Produktion anderer Güter eingehen. Zum Beispiel stellen Wettervorhersagen ein finales Konsumgut für Urlauber dar, während sie für die Luftfahrt ein intermediäres Gut sind (Musgrave et al. 1994, S. 192).

Hanusch et al. (2011, S. 9) weisen darauf hin, dass sich die genauen Bezeichnungen der Effekte teilweise überschneiden und in der Literatur teilweise unterschiedliche Auffassungen über deren Inhalt bestehen. Deswegen wird für die folgende Arbeit aufbauend auf der erläuterten relativ unscharfen Unterscheidung eine Systematisierung der mikroökonomischen Effekte vorgenommen, die die auftretenden Effekte stärker voneinander abgrenzen soll und die auf den Verkehrsbereich anwendbar ist.

Mikroökonomische Systematisierung der Effekte

Änderungen auf dem Markt für Schienenverkehr ziehen Änderungen auf verbundenen Märkten nach sich. Durch die Interaktion mit nachgeordneten Märkten folgen wiederum Anpassungen auf anderen Märkten. Eine konsistente und vollständige Abbildung von Wirkungszusammenhängen ist deshalb unmöglich und für eine ökonomische Bewertung mitunter auch gar nicht nötig (vgl. total benefit Methode in der KNA) bzw. sogar falsch (Gefahr der Doppelzählung von Nutzen).

Für das Vorhaben, diese Wirkungsketten trotzdem in verständlicher Art und Weise abzubilden und nicht monetär zu bewerten, ist es also notwendig, die Effekte voneinander abzugrenzen und ab einer gewissen Tiefe die Wirkungskette abubrechen, da die dann auftretenden Effekte nur noch marginal sind und die Kausalität zur ursprünglichen Maßnahme nicht mehr seriös überprüfbar ist.

Deshalb wird in der vorliegenden Arbeit eine Systematisierung auftretender Wirkungen in marktinterne und marktexterne Effekte vorgenommen. Dadurch soll es möglich sein, die Vielzahl auftretender Effekte durch eine Schieneninfrastrukturmaßnahme hinsichtlich ihrer ökonomischen Bedeutung einzelnen Kategorien zuzuordnen zu können und damit auch eine Konsistenz mit der mikroökonomischen Theorie zu erreichen, denn erst die Identifikation von Wirkungsketten anhand einer ökonomischen Abgrenzung der betroffenen Märkte hebt das Vorhaben auf eine wirtschaftswissenschaftlich fundiertere Basis.

Damit lassen sich die auftretenden Effekte einer Schieneninfrastrukturmaßnahme in

- interne Effekte,
- technologische externe Effekte und
- pekuniäre Effekte

unterscheiden (vgl. dazu auch Sommer et al. 1993). Sommer et al. (1993) treffen dabei die strikte Unterscheidung zwischen verkehrlichem und nichtverkehrlichem Nutzen. Verkehrlicher Nutzen resultiert aus der Benutzung der Infrastruktur mit Verkehrsmitteln, während

sich nichtverkehrlicher Nutzen aus der nichtverkehrlichen Nutzung der Infrastruktur ergibt (z.B. Straße als Lagerplatz, Spiel-, Aufenthalts- und Begegnungsort usw.). Die aus beiden Nutzungsarten resultierenden Effekte werden in interne, technologische externe und pekuniäre Effekte getrennt (vgl. Abbildung 4.1).

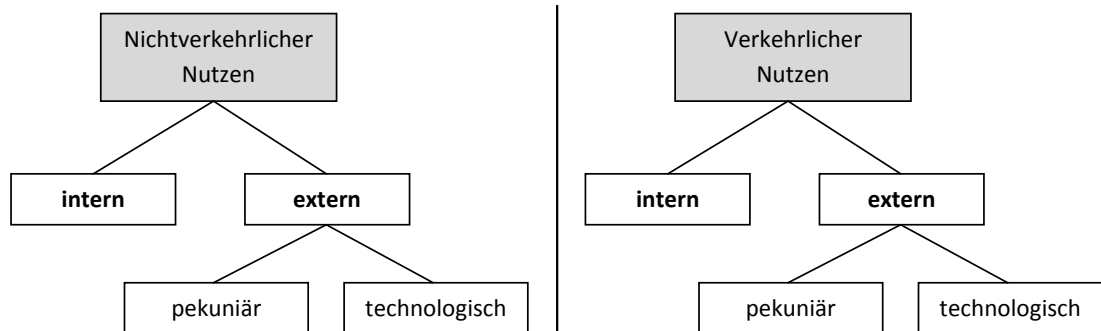


Abbildung 4.1.: Unterscheidung zwischen internen, technologischen externen und pekuniären verkehrlichen und nichtverkehrlichen Nutzen, Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Sommer et al. 1993, S. 41

Die Systematisierung aus Abbildung 4.1 wird in dieser Arbeit übernommen und um eine genauere Beschreibung der Effekte des Schienenverkehrs erweitert.

Beispiele für verkehrliche Effekte aus zusätzlicher Infrastruktur wurden in Teilen im vorhergehenden Kapitel bereits erläutert (zu Wachstumseffekten vgl. Kapitel 4.1) und werden in den Abschnitten 4.2.1 bis 4.2.3 theoretisch analysiert. Eine beispielhafte Übersicht findet sich in Tabelle A.1. Nichtverkehrliche Effekte sind nicht Schwerpunkt dieser Arbeit und werden nicht weiter betrachtet. Eine Erläuterung ausgewählter nichtverkehrlicher Effekte findet sich als Ergänzung in Abschnitt A.5 im Anhang.

Die Abgrenzung zwischen verkehrlicher und nichtverkehrlicher Nutzung ist für alle Effekte von Relevanz. Sommer et al. (1993) verstehen alle Nutzen, die aus der Benutzung der Straße mit motorisierten Verkehrsmitteln entstehen, als verkehrliche Nutzen. Diese Abgrenzung sei aus pragmatischen Gründen getroffen worden, um die Vergleichbarkeit mit der „Schweizerischen Strassenverkehrsrechnung“ zu ermöglichen (Sommer et al. 1993, S. 41). Die Abgrenzung wird vom Verfasser dieser Arbeit abgelehnt, da z.B. auch Radfahrer zum Verkehr gezählt werden können. Auf die grundsätzliche Systematisierung der Effekte hat die Abgrenzung von verkehrlicher und nichtverkehrlicher Nutzung keinen Einfluss, für ein konkretes Bewertungsverfahren ist sie aber zu beachten.

Ausgehend von der oben getroffenen Systematisierung werden in den folgenden Abschnitten interne und externe Effekte des primären Marktes sowie pekuniäre Effekte auf sekundären Märkten analysiert, wobei keine Quantifizierung oder Nutzenmessung vorgenommen wird. Auch wird kein Anspruch auf Vollständigkeit der erläuterten Effekte erhoben. Zudem wird der Fokus auf die verkehrlichen Effekte – resultierend aus der Nutzung der Schieneninfrastruktur mit Zügen – gelegt. Weiterhin wird für die nachfolgende Analyse unterstellt, dass der Einkommenseffekt vernachlässigbar klein ist, sodass die Wohlfahrt der Nachfrager anhand der Konsumentenrente unter der beobachtbaren Marktnachfragekurve gemessen werden kann (vgl. die Ausführungen dazu in Kapitel 3.2).

4.2.1. Interne Effekte

Nachfolgend werden als intern alle Effekte bezeichnet, die innerhalb des primär von der Schieneninfrastrukturmaßnahme betroffenen Marktes – also dem Markt für Schienenverkehr – auftreten.

Allgemeiner Fall

Wie in Abschnitt 1.1 definiert, steht in dieser Arbeit die Betrachtung von ökonomischen Effekten durch Änderungen des Infrastrukturbetriebs im Vordergrund. Eine mögliche Schieneninfrastrukturmaßnahme kann z.B. ein zusätzliches Gleis sein oder Maßnahmen, die eine höhere Geschwindigkeit auf einer Verbindung ermöglichen. Dies führt dazu, dass die Transportkosten (z.B. Reisezeit und Betriebskosten) sinken. Im ökonomischen Marktmodell wird dies durch eine Verschiebung der Angebotsfunktion A nach unten abgebildet.

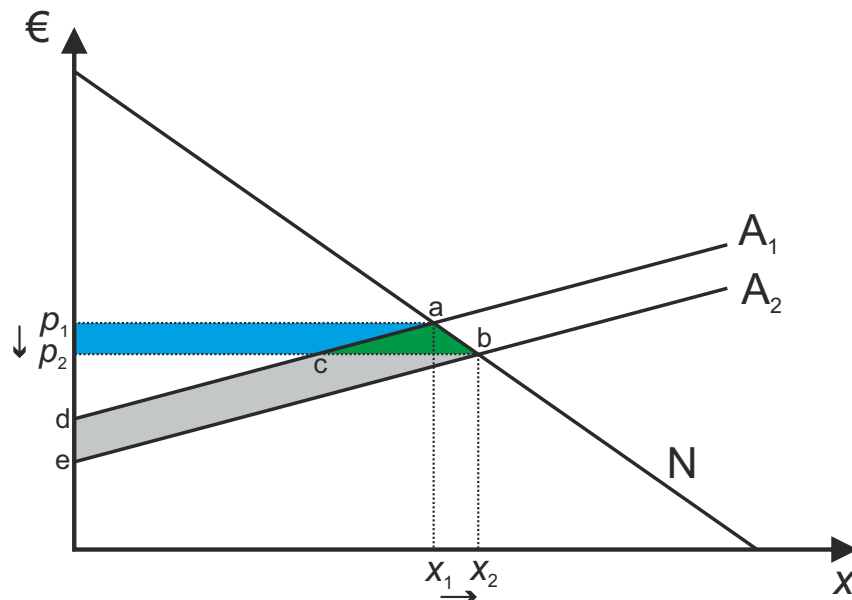


Abbildung 4.2.: Effekte innerhalb des Primärmarktes, Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Boardman et al. 2006, S. 78

Abbildung 4.2 stellt die Verschiebung der Angebotsfunktion für Schienenverkehr im Markt-diagramm dar, wobei x die Menge an Schienenverkehr (z.B. Anzahl der Fahrgäste) ist. Durch die Maßnahme verschiebt sich die Angebotsfunktion von A_1 auf A_2 nach unten. In Folge dessen steigt die Verkehrsmenge (Anzahl der Fahrgäste) von x_1 auf x_2 , der Preis sinkt von p_1 auf p_2 . Den Konsumenten fällt eine zusätzliche Rente in Höhe der blauen und der grünen Fläche (Fläche p_1abp_2) in Abbildung 4.2 zu. Die Produzenten der Verkehrsleistung – also die EVU – gewinnen die grau eingefärbte Rente (Fläche $dcbe$) in Abbildung 4.2 hinzu und verlieren die blau eingefärbte Rente (Fläche p_1acp_2) an die Konsumenten.

Besonderheiten im Markt für Schienenverkehr

Für die Abgrenzung mikroökonomischer Effekte ist eine genauere Analyse des funktionalen Verlaufs der Angebotskurve in Abbildung 4.2 nicht weiter nötig. Nichtsdestoweniger ist fraglich, ob solch eine steigende Angebotsfunktion auch für den Schienenverkehr vorliegt, da ein zusätzlicher Fahrgast für das EVU keine oder nur geringe marginale Kosten verursacht. Dies würde eine Grenzkostenfunktion nahe Null bedeuten. Es erscheint jedoch denkbar, dass der Produzent der Verkehrsleistung einen Preis über den Grenzkosten durchsetzen kann.

Da eine Analyse der konkreten Marktsituation im Schienenverkehr den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, werden folgende plausible Annahmen getroffen:

- Die Grenzkosten eines zusätzlichen Fahrgastes sind gering und fallen bis zu einer bestimmten Menge aufgrund von steigenden Skalenerträgen.
- Der Produzent der Verkehrsleistung (EVU) kann einen Fahrpreis über den Grenzkosten durchsetzen. Zur Vereinfachung der Analyse bleibt dieser nach der Schieneninfrastrukturmaßnahme konstant.
- Die zusätzlich zum Fahrpreis anfallenden Zeitkosten einer Fahrt werden von den Fahrgästen getragen. Bei den Fahrgästen fallen also *generalisierte Kosten* an.

Der Begriff *Generalisierte Kosten* wurde erstmals von Tanner (1961) auf den Verkehrsbereich angewendet (zitiert nach Goodwin 1974, S. 2) und kann mit folgender Formel ausgedrückt werden (Goodwin 1974, S. 2, an eigene Notation angepasst):

$$c = p + z \cdot t \quad (4.2.1)$$

Dabei sind c die generalisierten Kosten in Geldeinheiten, welche aus den monetären Kosten p (Preis) und der mit dem monetären Zeitwert z bewerteten Fahrzeit t bestehen (Goodwin 1974, S. 2). Ein äquivalentes Maß ist die *generalisierte Zeit* g , welche die gleichen Mengen in Zeiteinheiten misst (Goodwin 1974, S. 2, an eigene Notation angepasst):

$$g = t + \frac{p}{z} \quad (4.2.2)$$

Ausgehend von den vorangehenden Überlegungen ergibt sich der in Abbildung 4.3 dargestellte Sachverhalt. GK bezeichnet die Grenzkostenfunktion des EVU, N die Nachfragefunktion und p den Fahrpreis für eine Fahrt. Die Variable z ist der monetäre Zeitwert in $\frac{\text{€}}{\text{h}}$ und t_1 die Fahrzeit im Nullfall. Die Fahrgäste müssen für eine Fahrt den Fahrpreis p entrichten und die Kosten der Zeit $z \cdot t_1$ tragen. Daher stellt sich vor der Maßnahme die Verkehrsmenge x_1 ein. Den Konsumenten fällt eine Rente in Höhe des Dreiecks KR_1 zu, den Produzenten in Höhe der Fläche PR_1 .

Wird nun die Fahrzeit durch eine Schieneninfrastrukturmaßnahme verkürzt, sinkt die Fahrzeit von t_1 auf t_2 , die Verkehrsmenge steigt von x_1 auf x_2 . Den bereits im Markt auftretenden Fahrgästen (Menge x_1) fällt eine zusätzliche Rente in Höhe des grau eingefärbten

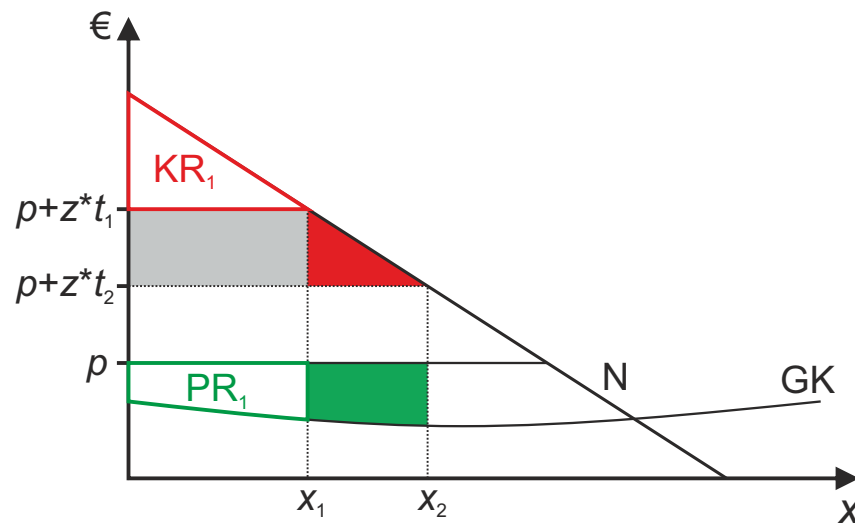


Abbildung 4.3.: Interne Effekte im Markt für Schienenverkehr, Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Intraplan et al. 2014, S. 329

Rechtecke in Abbildung 4.3 zu. Die aufgrund der gesunkenen Fahrzeit neu hinzukommenen Fahrgäste (Menge $x_2 - x_1$) profitieren von einer Rente in Höhe des rot eingefärbten Dreiecks. Die Produzenten erhalten eine zusätzliche Produzentenrente in Höhe der grün eingefärbten Fläche in Abbildung 4.3.

Als marktinterne Effekte treten also Preissenkungen im Sinne generalisierter Kosten und Mengensteigerungen auf, welche auf die Wohlfahrt der Akteure im Markt (Konsumenten und Produzenten) wirken. Konsumenten können dabei alle Arten von Fahrgästen wie z.B. Pendler, Schüler, Dienstreisende usw. sein. Produzenten sind die EVU.

Ob und in welcher Höhe die Renten anfallen, hängt vom konkreten Verlauf der Angebots- und Nachfragefunktionen ab. Eine diesbezüglich tiefergehende Analyse würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen und ist überdies für die Systematisierung, welche Arten ökonomischer Effekte auftreten, irrelevant.

Exkurs: Induzierter bzw. verlagerter Verkehr und die rule-of-half

Wie gezeigt wurde, kann eine Infrastrukturmaßnahme zur Senkung generalisierter Kosten und damit zu induziertem – also neu stattfindendem Verkehr – und verlagertem Verkehr von anderen Verkehrsträgern führen.

Die Bewertung der Wirkungen einer Maßnahme hat sich im Kontext des BVWP historisch gesehen auf Änderungen im „Ressourcenverzehr“ durch eine Maßnahme und nicht auf die Präferenzen der Verkehrsteilnehmer konzentriert (Intraplan et al. 2014, S. 68). Gesellschaftliche Ressourcen können Kapitalkosten, Zeit, Umweltbeeinträchtigungen, Gesundheit, etc. sein, welche durch eine Maßnahme in geringerem Maße verbraucht werden.

In der praktischen Bewertung nach Ressourcenverzehr kann es bei verlagertem Verkehr von anderen Verkehrsträgern zu Inkonsistenzen kommen, wie an folgendem Beispiel verdeutlicht werden kann (angelehnt an Intraplan et al. 2014, S. 314):

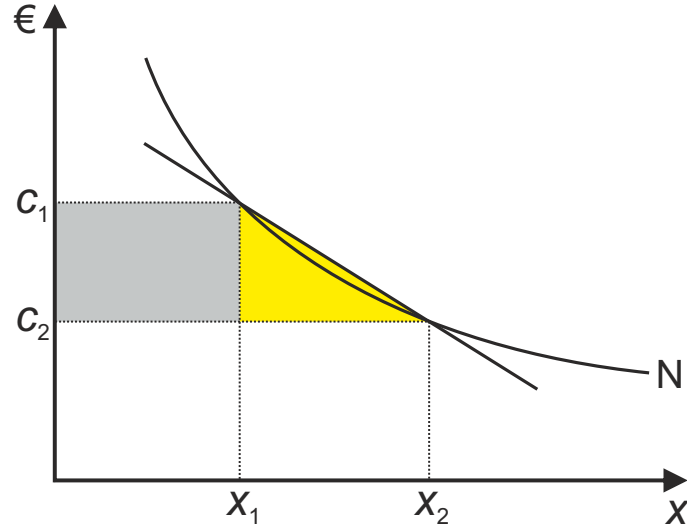


Abbildung 4.4.: Darstellung der rule-of-half, Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Winkler 2012, S. 96

Auf einer Verbindung, auf der eine Straße und eine langsamere Schienenstrecke zur Verfügung stehen, wird die Schiene durch eine Infrastrukturmaßnahme beschleunigt. Dadurch werden einige Reisende von der Straße auf die Schiene umsteigen, obwohl die Reisezeit der Bahn nach der Maßnahme immer noch größer ist als die auf der Straße. Die Ressource „Zeit“ wird von den Wechslern nach der Maßnahme also stärker verbraucht als vorher.

Um diese Inkonsistenz zu vermeiden, wird international üblicherweise in der praktischen Bewertung der von anderen Verkehrsträgern gewechselten Nachfrager das Konzept der Konsumentenrente angewendet (Intraplan et al. 2014, S. 314). Demnach erfahren die Wechsler von der Straße auf die Schiene einen Nutzengewinn, da sie sonst nicht wechseln würden, denn die alternative Route auf der Straße steht immer noch zur Verfügung.

Die Konsumentenrente der zusätzlichen Nutzer kann durch die *rule-of-half* angenähert werden, wobei die Nachfragekurve durch eine Gerade approximiert wird (Intraplan et al. 2014, S. 317). Dies ist in Abbildung 4.4 dargestellt. Auf der Ordinate sind die generalisierten Kosten c einer Fahrt und auf der Abszisse die Menge x der Bahnfahrten abgetragen.

Die Konsumentenrente der hinzugekommenen Nutzer (oftmals als „Wechsler“ oder „Neu-nutzer“ bezeichnet) wird dann durch die gelbe Fläche in Abbildung 4.4 approximiert:

$$\Delta KR_{\text{Wechsler}} \approx \frac{1}{2} \cdot (c_1 - c_2)(x_2 - x_1) \quad (4.2.3)$$

Den Nutzern, die bereits vor der Maßnahme mit der Bahn gefahren sind, fällt die graue Fläche in Abbildung 4.4 als zusätzliche Konsumentenrente zu:

$$\Delta KR_{\text{Altnutzer}} = (c_1 - c_2)x_1 \quad (4.2.4)$$

Gleichung 4.2.3 stellt den Nutzengewinn des „durchschnittlichen Wechslers“ dar, welcher repräsentativ für alle Wechsler steht (Intraplan et al. 2014, S. 318). Dies lässt sich auch verbal begründen:

Man stelle sich vor, die Fahrzeit auf der Schienenstrecke werde in sehr kleinen Schritten verkürzt. Der erste Wechsler von der Straße auf die Schiene, der vorher indifferent zwischen beiden Alternativen war, erfährt nun beim Wechsel eine Ersparnis in Höhe der vollen Reisezeitreduktion. Der letzte wechselnde Nutzer erfährt keinen Nutzengewinn mehr, da für ihn die Belastungen auf der beschleunigten Schienenstrecke die Ersparnisse auf der Straße gerade aufwiegen. Im Mittel erfahren die Nutzer also den halben Nutzen der Beschleunigung (Intraplan et al. 2014, S. 314 f.).

4.2.2. Pekuniäre Effekte

Effekte, die durch eine Maßnahme auf dem primären Markt Auswirkungen auf Sekundärmärkte haben und dort die Wohlfahrt der Akteure beeinflussen, werden in dieser Arbeit als pekuniär bezeichnet. Pekuniäre Effekte sind durch Marktübertragungsprozesse abgebildet und stellen damit zwar Effekte außerhalb des Primärmarktes dar, jedoch keine technologischen externen Effekte. Pekuniäre Effekte werden oftmals auch als sekundäre Effekte, Spillover-Effekte oder indirekte Effekte bezeichnet (Boardman et al. 2006, S. 112).

Wenn ausgehend von einer Schieneninfrastrukturmaßnahme der Preis im Markt für Schienenverkehr sinkt, hat dies Auswirkungen auf verbundene Märkte. Verbundene Märkte liegen vor, wenn die mengenmäßige Nachfrage nach einem Gut von Preisänderungen eines anderen Gutes abhängt (Abay 1984, S. 12). Dabei sind komplementäre Beziehungen und substitutive Beziehungen möglich. Bei Komplementen sinkt die Nachfrage nach Gut 1 bei steigendem Preis des komplementären Gutes 2. Umgekehrt steigt bei Substituten die Nachfrage nach Gut 1 bei steigendem Preis des substitutiven Gutes 2. Die Beziehung beider Güter lässt sich über das Konzept der Kreuzpreiselastizität η abbilden. Die Kreuzpreiselastizität der Nachfrage η_{x_1, p_2} gibt die prozentuale Änderung der Nachfrage nach x_1 an, die aus einer einprozentigen Steigerung des Preises p_2 für Gut 2 resultiert. Bei einer Kreuzpreiselastizität $\eta_{x_1, p_2} > 0$ sind beide Güter Substitute, bei einer Kreuzpreiselastizität $\eta_{x_1, p_2} < 0$ sind beide Güter Komplemente (vgl. Mankiw und Taylor 2012, S. 123 f.).

Wichtig ist, dass alle pekuniären Effekte auf verbundenen Märkten bereits in der Konsumentenrente des primären Marktes abgebildet sind, wenn sich die Preise auf den sekundären Märkten nicht ändern und keine Verzerrungen auf den sekundären Märkten vorliegen. Deshalb sollten die Nutzen auf sekundären Märkten in der KNA ignoriert werden, um Doppelzählungen zu vermeiden (Boardman et al. 2006, S. 113). Für die praktische Durchführung einer KNA kann dies von Vorteil sein, da bei unzureichender Information über die Änderung der Konsumentenrente die Wirkungen auf allen betroffenen Märkten beobachtet und zusammengefasst werden können, was als „total benefit Methode“ bezeichnet wird (Mühlenkamp 1994, S. 33). Eine Darstellung der „total benefit Methode“ und der Beweis, dass unter gewissen Bedingungen alle Wohlfahrtswirkungen in der Konsumentenrente enthalten sind, findet sich in Anhang A.3 dieser Arbeit.

Die ausschließliche Nutzenmessung im primären Markt versagt bei Vorliegen von Marktversagen und es stellt sich die Frage, ob neben den Transportkostenersparnissen der Benutzer noch indirekte – in der Literatur oft als „wider economic benefits“ bezeichnete – Nutzen

zu berücksichtigen sind. Zur Korrektheit einer reinen Nutzenbewertung im primären Markt bei Vorliegen von Marktversagen sei auf SACTRA (1999, S. 97) verwiesen.

Transportkostensenkungen durch Schieneninfrastrukturmaßnahmen haben Auswirkungen auf eine Vielzahl betroffener Märkte. Die auftretenden pekuniären Effekte können beispielsweise andere Faktormärkte (z.B. Arbeitsmarkt, Bodenmarkt, etc.), weitere Märkte (z.B. Hotels, Gaststätten, Bahnhofsgeschäfte, etc.) und andere Modi (z.B. Motorisierter Individualverkehr (MIV), Rad, Fuß) betreffen. In Kapitel 5.3 wird exemplarisch der Verkehrsverlagerungseffekt vom MIV betrachtet.

4.2.3. Technologische externe Effekte

Diese Arbeit bezeichnet echte technologische Externalitäten als externe Effekte. Es handelt sich dabei um Effekte, für die kein Marktmechanismus zur Anwendung kommt. Zum Beispiel findet kein Zusammentreffen von Lärmgeschädigten und Lärmverursachern auf einem Markt statt, sodass durch Handel eine gesellschaftlich effiziente Lärmmenge realisiert wird. Dies wäre auch gar nicht möglich, da für eine Internalisierung die Eigentumsrechte an dem betroffenen Gut zugeteilt sein müssen (Button 1994, S. 7). Für ein Öffentliches Gut wie z.B. Lärm sind jedoch per Definition (Nicht-Rivalität und Nicht-Ausschließbarkeit im Konsum) keine Eigentumsrechte einer bestimmten Person zugewiesen.

Definition

Eine Externalität tritt auf, wenn die Wohlfahrt von Individuen oder Firmen vom Verhalten anderer abhängt, die diesen interaktiven Effekt nicht in ihrer Entscheidungsfindung berücksichtigen (Button 1994, S. 3). Ein einzelner Verkehrsnutzer berücksichtigt vor seiner Fahrtentscheidung also nicht die Effekte, die er anderen Individuen oder Firmen durch seine wirtschaftliche Aktivität (z.B. eine zusätzliche Autofahrt) zufügt. Eine ähnliche Definition verwendet Verhoef (1994, S. 274): Eine Externalität tritt demnach auf, wenn die Nutzen- oder Gewinnfunktion eines Akteurs eine reale Variable enthält, deren Ausprägung von einem anderen Akteur abhängt, der diesen Effekt seines Verhaltens nicht in seine Entscheidungsfindung einbezieht. Es findet also ein Effekt in die Nutzen- bzw. Gewinnfunktion eines Anderen statt, ohne dass dieser in das Entscheidungskalkül eingeht.

Verhoef (1994, S. 274) betont, dass sich die Definition auf reale Variablen in der Nutzenfunktion konzentriert und monetäre Variablen nicht berücksichtigt werden. Gewöhnliche Marktprozesse in Form von pekuniären Effekten werden damit ausgeschlossen. Auch kriminelle Aktivitäten zählen nach Verhoef (1994, S. 175) nicht zu externen Kosten, ebenso wie altruistische Aktivitäten.

Abbildung 4.5 stellt eine negative Externalität grafisch dar. Dabei bezeichnet N die Nachfragefunktion und PGK die Kurve der privaten Grenzkosten, die bei vollkommener Konkurrenz auch der Angebotskurve eines Unternehmens entspricht (Mankiw und Taylor 2012, S. 446). Das Marktgleichgewicht stellt sich also bei der Menge x^* und beim Preis p^* ein. Bei Auftreten eines negativen externen Effekts fallen mit jeder produzierten Menge externe Grenzkosten an, sodass sich die Kurve der Sozialen Grenzkosten (SGK) durch vertikale

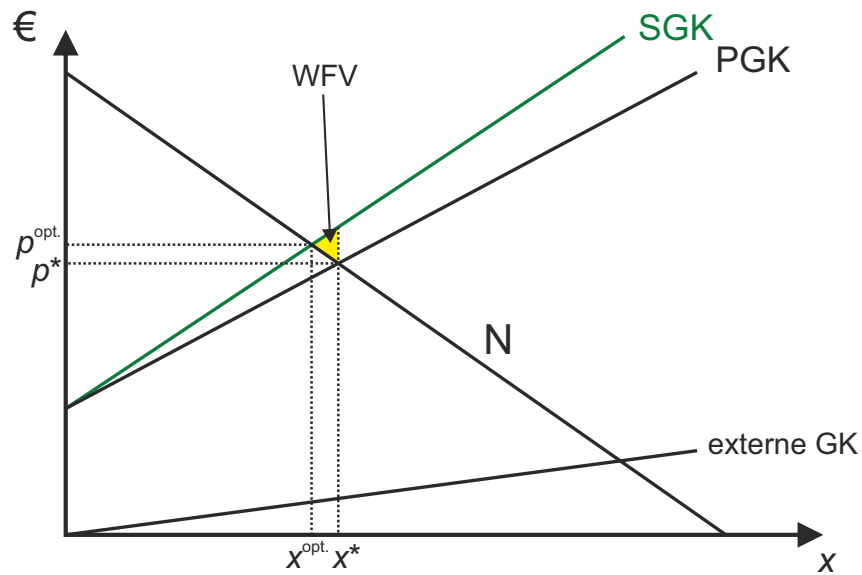


Abbildung 4.5.: Wohlfahrtsverlust durch eine negative Externalität, Quelle: eigene Darstellung

Addition der PGK-Kurve mit der externen Grenzkostenkurve (externe GK) ergibt. Das sozial optimale Niveau der Bereitstellung des Gutes x wäre bei der geringeren Menge $x^{\text{opt.}}$ zum höheren Preis $p^{\text{opt.}}$ realisiert. Bei Auftreten einer negativen Externalität entsteht also ein Wohlfahrtsverlust (WFV), dargestellt durch das gelbe Dreieck in Abbildung 4.5.

Anwendung auf Schieneninfrastrukturmaßnahmen

Für die folgende Analyse der externen Effekte werden für einen einzelnen Fahrgast konstante private Grenzkosten unterstellt. Diese bestehen aus den Ticketkosten und der mit dem monetären Zeitwert bewerteten Fahrzeit (vgl. dazu den vorangegangenen Abschnitt 4.2.1, insbesondere Abbildung 4.3).

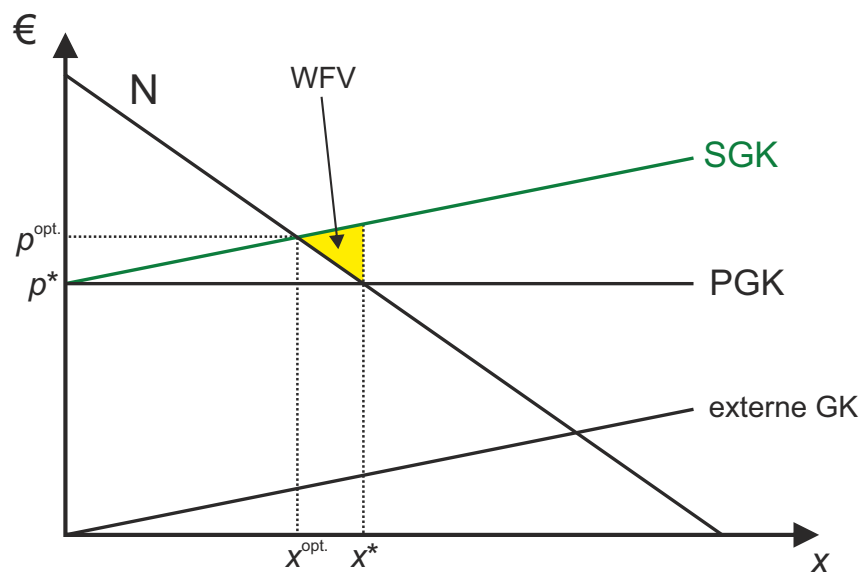


Abbildung 4.6.: Externe Effekte des Schienenverkehrs, Quelle: eigene Darstellung

Wenn diese Überlegungen auf Abbildung 4.5 angewendet werden, ergeben sich die in Abbildung 4.6 dargestellten Kurvenverläufe, welche von der Art und Ausgestaltung der konkreten Schieneninfrastrukturmaßnahme wie folgt beeinflusst werden:

1. Die veränderten privaten Grenzkosten einer Fahrt und die daraus resultierende veränderte Verkehrsmenge beeinflussen die Höhe des WFV durch die Externalität.
2. Die Kurve der externen Grenzkosten ändert sich z.B. durch Lärmschutzmaßnahmen.
3. Langfristig ist es möglich, dass sich die Nachfragekurve ändert, aufgrund dynamischer Wirkungen wie beispielsweise raum-, siedlungs- und wirtschaftsstruktureller Veränderungen (sekundär induzierter Verkehr).

Die im dritten Punkt genannten dynamischen Effekte sind für die Bewertung einer konkreten Schieneninfrastrukturmaßnahme am schwierigsten zu messen, da sie ex post schwer prognostizierbar sind. Die nachfolgende Analyse beschränkt sich deshalb auf die ersten beiden Punkte, welche zuerst getrennt voneinander analysiert werden. Anschließend werden die Ergebnisse zusammengeführt.

Punkt 1: Änderung der externen Kosten durch Transportkostensenkungen

Wenn sich ausgehend von einer Schieneninfrastrukturmaßnahme die Verkehrsmenge erhöht, so steigt – bei angenommenem steigenden Verlauf der Kurve der externen Grenzkosten – auch der WFV durch die Externalität. Dies wird ausgehend von Abbildung 4.6 begründet: Es wird nun angenommen, dass durch die Schieneninfrastrukturmaßnahme der Gleichgewichtspreis bzw. die generalisierten Kosten im Gleichgewicht sinken. Durch die induzierte Verkehrsmenge steigt dann der WFV durch die negative Externalität. Abbildung 4.7 stellt den Sachverhalt grafisch dar.

Durch die Schieneninfrastrukturmaßnahme verschiebt sich die Kurve der privaten Grenzkosten von PGK_1 auf PGK_2 , sodass der Preis von p_1^* auf p_2^* sinkt und die Verkehrsmenge von x_1^* auf x_2^* steigt. Die externe Grenzkostenfunktion (in Gleichung 4.2.5 als $f(x)$ bezeichnet) bleibt im hier betrachteten Fall gleich. Die externen Kosten (Integral unter der externen Grenzkostenfunktion $f(x)$) nach der Maßnahme sind jedoch größer als vor der Maßnahme:

$$\int_0^{x_2^*} f(x)dx > \int_0^{x_1^*} f(x)dx \quad (4.2.5)$$

Daraus folgt, dass der WFV nach der Maßnahme (Fläche def in Abbildung 4.7) im Vergleich zum WFV vor der Maßnahme (Fläche abc in Abbildung 4.7) um die rot eingefärbte Fläche steigt.

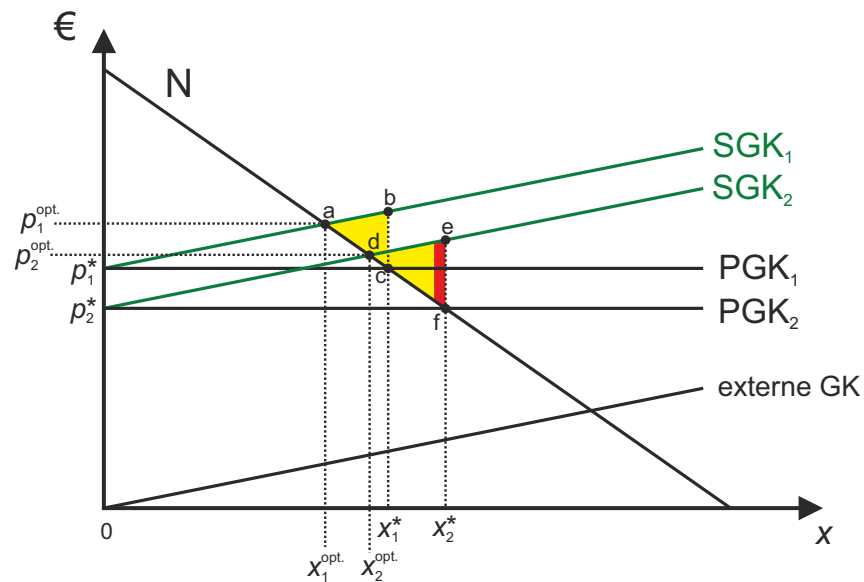


Abbildung 4.7.: Veränderung des Wohlfahrtsverlusts bei Transportkostensenkungen, Quelle: eigene Darstellung

Punkt 2: Änderung der externen Kosten durch Vermeidungsmaßnahmen

Jetzt wird betrachtet, wie sich die externen Kosten durch Vermeidungsmaßnahmen – beispielsweise den Bau einer Lärmschutzwand – verändern. Diese senken die Kurve der externen Grenzkosten bei jeder beliebigen Verkehrsmenge, sodass diese flacher verläuft. Abbildung 4.8 stellt den Sachverhalt grafisch dar.

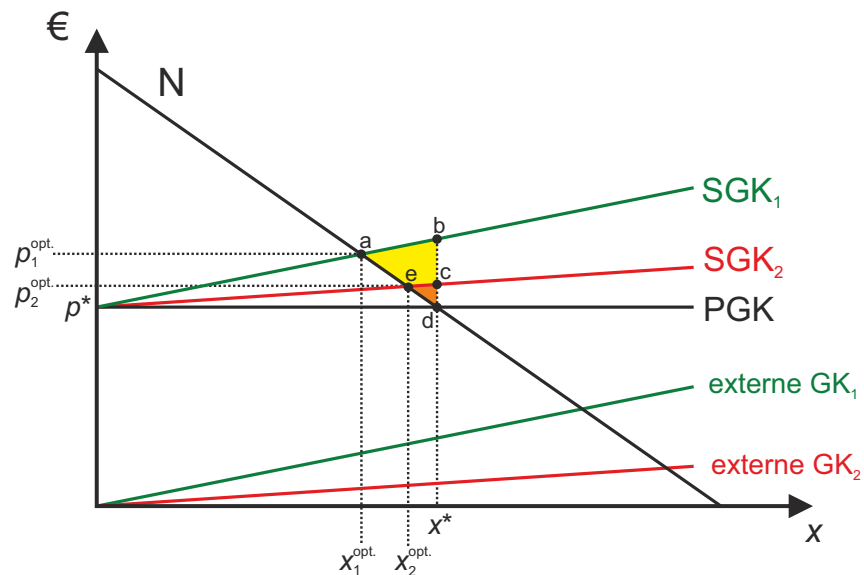


Abbildung 4.8.: Veränderung des Wohlfahrtsverlusts bei Vermeidungsmaßnahmen, Quelle: eigene Darstellung

Damit sinken die sozialen Grenzkosten von SGK_1 auf SGK_2 durch den Bau einer Lärmschutzwand. Der WFV ohne Lärmschutzwand wird durch das Dreieck abd in Abbildung 4.8 repräsentiert, mit einer Lärmschutzwand durch das Dreieck cde. Durch Vermeidungsmaßnahmen können also die externen Kosten des Betriebs der Schieneninfrastruktur und damit der WFV verringert werden.

Kombination von Transportkostensenkungen und Vermeidungsmaßnahmen

In der Praxis können sowohl Transportkostensenkungen und Lärmschutzmaßnahmen zeitgleich in einer Maßnahme realisiert werden. Beispielsweise können sowohl infrastrukturelle Maßnahmen, die eine Erhöhung der Reisegeschwindigkeit auf einer Verbindung ermöglichen, als auch Lärmschutzmaßnahmen Teil einer konkreten Maßnahme sein. Die bisher vorgenommene getrennte Betrachtung beider Sachverhalte wird deshalb nun zusammengeführt und in Abbildung 4.9 dargestellt.

In Abbildung 4.9 verschiebt sich die private Grenzkostenfunktion von PGK_1 auf PGK_2 und die externe Grenzkostenfunktion von externe GK_1 auf externe GK_2 . Der WFV vor der Maßnahme entspricht dann dem Dreieck abc in Abbildung 4.9, nach der Maßnahme dem Dreieck def.

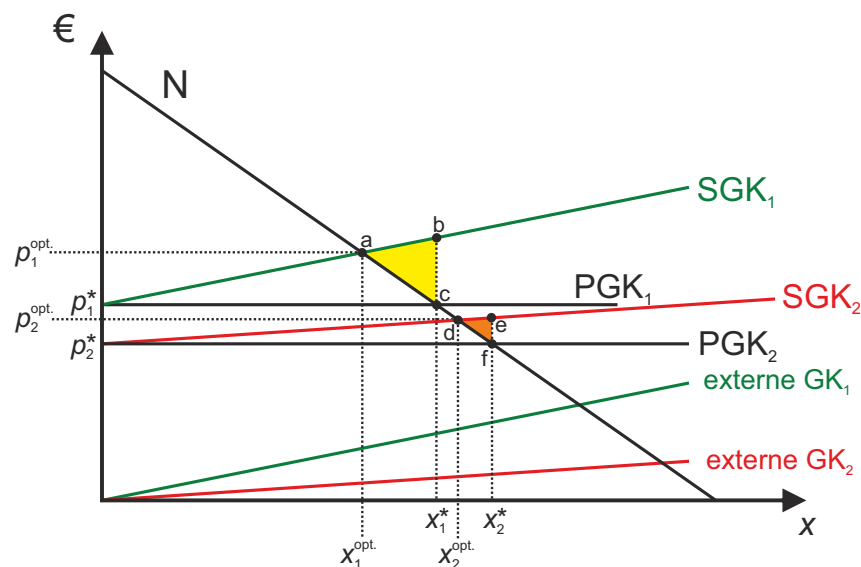


Abbildung 4.9.: Veränderung des Wohlfahrtsverlusts bei Transportkostensenkungen und Vermeidungsmaßnahmen, Quelle: eigene Darstellung

Fazit

In diesem Abschnitt wurden die Auswirkungen möglicher Schieneninfrastrukturmaßnahmen auf die externen Kosten des Schienenverkehrs analysiert. Dabei wurden nur die externen Effekte des primär von der Infrastrukturmaßnahme betroffenen Marktes betrachtet, selbstverständlich können jedoch auch die externen Kosten verbundener Märkte, z.B. des MIV, aufgrund einer Verkehrsverlagerung von der Straße zur Schiene abnehmen. Die externen Kosten des Schienenverkehrs und der daraus resultierende WFV werden maßgeblich durch die steigende Verkehrsmenge bei Transportkostensenkungen und durch Vermeidungsmaßnahmen wie z.B. Lärmschutzwände oder Schallschutzfenster und weitere bauliche und/oder betriebliche Maßnahmen determiniert.

Auf technologische externe Nutzen wird hier nicht näher eingegangen, da diese für den verkehrlichen Betrieb der Infrastruktur unbedeutend sind. Sommer et al. (1993, S. 73 ff.) identifizieren als echten externen Nutzen das verminderte Leid von Angehörigen, wenn durch

raschere Notfalltransporte Leben gerettet oder Unfallfolgen vermindert werden können. Weitere unbedeutende Beispiele seien die Freude beim Beobachten von vorbeifahrenden Fahrzeugen (Sommer et al. 1993, S. 72) und der Informationsrohstoff, der von Journalisten und Verlegern zur Erstellung von Publikationen genutzt wird (Sommer et al. 1993, S. 73). Auch Lakhsmanan et al. (2001, S. 152) können keinen klaren und bedeutenden Fall einer positiven Externalität durch Infrastrukturnutzung identifizieren.

Folgende Arten technologischer externer Effekte können auftreten, wobei Akteure außerhalb des Marktes für Schienenverkehr (Anwohner, ortsansässige Unternehmen, Umwelt, zukünftige Generationen) betroffen sind:

- externe Lärmkosten
- externe Kosten durch Luftverschmutzung
 - lokal, z.B. durch Partikel aus Bremsvorgängen oder Abgasen bei Dieselloks
 - global, z.B. durch CO₂-Emissionen des Kraftwerks
- externe Kosten durch Klimawirkungen
- externe Unfallkosten
- externe Kosten durch Trennwirkungen, z.B. Zeitverluste von Fußgängern
- externe Kosten durch Flächenverbrauch

4.2.4. Eignung für Bewertungsverfahren

Ausgehend von der Schieneninfrastrukturmaßnahme treten verschiedene Effekte auf, die in den vorangehenden Abschnitten unter Verwendung von Marktdiagrammen theoretisch analysiert wurden. Dabei wurden zwei statische Zustände – Nullfall und Planfall – verglichen, eine Methode, die in der Ökonomie unter dem Begriff „komparative Statik“ (vgl. Varian 2011, S. 9) bekannt ist. Dynamische Anpassungsprozesse und Rückkopplungseffekte wurden wie in den gängigen Bewertungsverfahren vernachlässigt. Nichtsdestoweniger eignet sich der mikroökonomische Ansatz trotz seines partialanalytischen Charakters und der komparativ statischen Analyse besonders für ein Bewertungsverfahren. Er ermöglicht:

- klare kausale Beziehungen zwischen der Schieneninfrastrukturmaßnahme und den auf verschiedene ökonomische Akteure wirkenden Effekten;
- die klare Trennung von Effekten anhand des Marktmechanismus in interne, externe und pekuniäre Effekte;
- eine Konsistenz mit der mikroökonomischen Theorie der KNA und damit eine Vergleichbarkeit mit bestehenden etablierten Verfahren.

Abbildung 4.10 stellt die resultierenden ökonomischen Effekte einer Schieneninfrastrukturmaßnahme anhand einer mikroökonomischen Wirkungskette dar. Ausgehend von der Maßnahme treten durch den veränderten Infrastrukturbetrieb Effekte im primär von der Maßnahme betroffenen Markt auf – also dem Markt für Schienenverkehr. Je nach Ausgestaltung der konkreten Infrastrukturmaßnahme können dies Zeitersparnisse, gesunkene

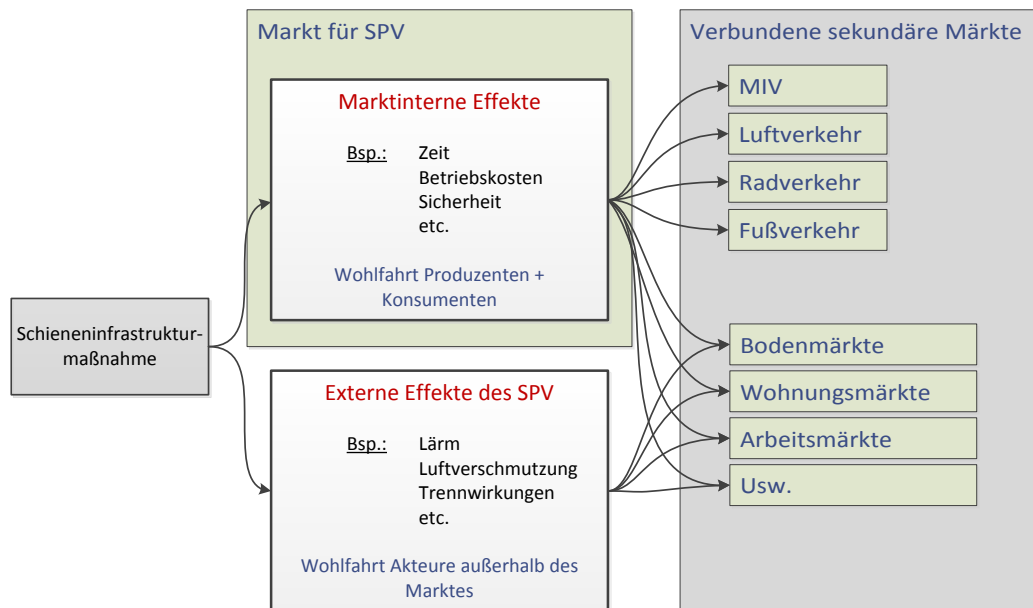


Abbildung 4.10.: Überblick einer für das Bewertungsverfahren näher zu präzisierenden Wirkungskette, Quelle: eigene Darstellung

Betriebskosten, eine erhöhte Sicherheit und Zuverlässigkeit oder andere Effekte sein, die die Wohlfahrt der Marktteilnehmer (Reisende auf der Schiene und EVU) betreffen.

Daneben sind Wirkungen außerhalb des Marktes für Schienenverkehr zu erwarten. Beispielsweise können lokale Emissionen durch die Umstellung auf Elektro-Traktion vermieden werden, wodurch externe Luftverschmutzungskosten entlang der Strecke sinken. Durch eine höhere Verkehrsmenge auf der Verbindung sind gestiegene externe Lärmkosten zu erwarten. Diese Effekte können jedoch durch den Bau von Lärmschutzwänden als Bestandteil der Schieneninfrastrukturmaßnahme konterkariert werden. Dieser Aspekt wurde ausführlich in Kapitel 4.2.3 analysiert. Beim Bau neuer Strecken ergeben sich Trennwirkungen – beispielsweise in Form von Zeitverlusten durch Umwege für querende Fußgänger – und ein zusätzlicher Flächenverbrauch. Bei bereits bestehenden Strecken können externe Kosten durch Trennwirkungen beispielsweise durch den Bau neuer Querungsmöglichkeiten wie z.B. Unterführungen gesenkt werden. Dies sollen nur einige wenige Beispiele für externe Effekte sein, die von der konkreten Schieneninfrastrukturmaßnahme abhängen.

Wie in Abschnitt 4.2.2 erläutert wurde, haben die internen Effekte durch Marktübertragungs- bzw. Spillover-Prozesse Einfluss auf andere Märkte. Die gesunkenen Transportkosten können Auswirkungen auf komplementäre Verkehrsmittel (im Vor- und Nachlauf der Wegekette, z.B. Taxi zum Bahnhof) oder konkurrierende Verkehrsmittel haben. Weiterhin sind durch die internen und externen Effekte Auswirkungen auf den Bodenmarkt, Wohnungsmarkt, den Arbeitsmarkt und viele weitere Märkte zu erwarten, z.B. Standortverlagerung von Unternehmen aufgrund einer besseren Erreichbarkeit, Mietzinsverluste durch gestiegenen Lärm, Auswirkungen auf Löhne aufgrund eines räumlich größeren Arbeitsmarktes, etc. Viele dieser Effekte lassen sich mit Hilfe allgemeiner Gleichgewichtsmodelle weiter analysieren. Kapitel 4.3 liefert dazu einen kurzen Ausblick.

4.3. Ausblick: Allgemeine Gleichgewichtsmodelle

Aufgrund des partialanalytischen Charakters der mikroökonomischen Analyse und der zu hoch aggregierten makroökonomischen Analyse können Rückkopplungseffekte und weitere Nutzen auf die Volkswirtschaft mit diesen traditionellen Ansätzen nur schwer erfasst werden. In den letzten Jahren hat sich deshalb eine weitere Denkschule herausgebildet, die berechenbare allgemeine Gleichgewichtsmodelle zur Analyse verwendet (Ragnitz et al. 2013, S. 54). Die Darstellung der Theorie berechenbarer allgemeiner Gleichgewichtsmodelle (computable general equilibrium models, CGE-Modelle) würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Eine Einführung in die Thematik geben Bröcker und Mercenier (2011).

Durch die niedrigeren Transportkosten haben Unternehmen eine größere Erreichbarkeit zu verschiedenen Märkten, z.B. zu Vorleistungsanbietern, Arbeitskräften und Kunden, so dass Marktvergrößerung und -integration stattfinden. Dies führt zu weiteren ökonomischen Effekten in Produkt- und Faktormärkten (Lakshmanan und Anderson 2002, S. 44 f.).

Lakshmanan und Anderson (2002) leiten diese Effekte aus den Erkenntnissen der Neuen Ökonomischen Geografie ab, welche raumökonomische Zusammenhänge mittels allgemeiner Gleichgewichtsmodelle analysiert (eine Einführung bieten Fujita et al. (2001)). Nachfolgend werden exemplarisch mögliche Wirkungen durch gesunkene Transportkosten und gestiegene Erreichbarkeiten kurz skizziert (vgl. Lakshmanan und Anderson 2002, S. 45):

- Die höheren Exporte einer Region ermöglichen einen höheren Umsatz, die Erwirtschaftung höherer Deckungsbeiträge und somit eine effizientere Produktion.
- Die höheren Importe in einer Region üben wettbewerblichen Druck auf die lokalen Preise aus. Dies führt zu sinkenden Monopolrenten, wirtschaftlicher Umstrukturierung (durch Marktzu- und -austritte von Firmen), schlankeren Produktionsprozessen und so zu höherer Effizienz und Produktivität und geringeren Produktionskosten.
- Die gesunkenen Transportkosten und bessere Erreichbarkeit vergrößern die Marktgebiete für Arbeit und andere Faktoreinsätze. Damit können Firmen auf einen größeren Arbeitsmarkt zugreifen und höher qualifizierte Arbeitskräfte erreichen.
- Es kann jedoch zu Rückkopplungseffekten kommen, die die ursprünglich hohen Effekte dämpfen. Beispielsweise steigt die Nachfrage nach Arbeit und Land aufgrund der Produktionsausweitung. Dies führt zu steigenden Löhnen und Bodenpreisen, die einen Teil der ursprünglich gesunkenen Produktionskosten kompensieren. Darüber hinaus wird bei steigenden Reallöhnen Migration auftreten. Zudem führt die gestiegene Produktion zu Stauungserscheinungen aufgrund von Überlastungen im Verkehrsnetz und damit zu steigenden Transportkosten.

5. Beispiel

In Kapitel 4 wurden ökonomische Effekte voneinander abgegrenzt und analysiert. Dabei wurde der Fokus in Kapitel 4.2 auf eine mikroökonomische partialanalytische Betrachtungsweise einzelner Märkte gelegt, worauf auch das theoretische Fundament der KNA (vgl. Kapitel 3.2) basiert. Eine allgemeine Wirkungskette wurde in Abbildung 4.10 in Kapitel 4.2 aufgestellt. Diese soll nun anhand eines Minimalbeispiels konkretisiert werden.

5.1. Design und Abgrenzung des Minimalbeispiels

Betrachtet werden die zwei Modi MIV und Schienenpersonenverkehr (SPV) auf einer Relation zwischen den Punkten A und B (vgl. Abbildung 5.1). Andere Modi und Netzwerkeffekte der Infrastrukturen Straße und Schiene werden im Minimalbeispiel vernachlässigt.

Entlang der Straße und der Schienenstrecke wohnen mehrere Anwohner. Ebenso haben sich entlang der Straße und der Schiene mehrere Unternehmen (Industrieunternehmen, Geschäfte, Hotels, Restaurants etc.) angesiedelt.

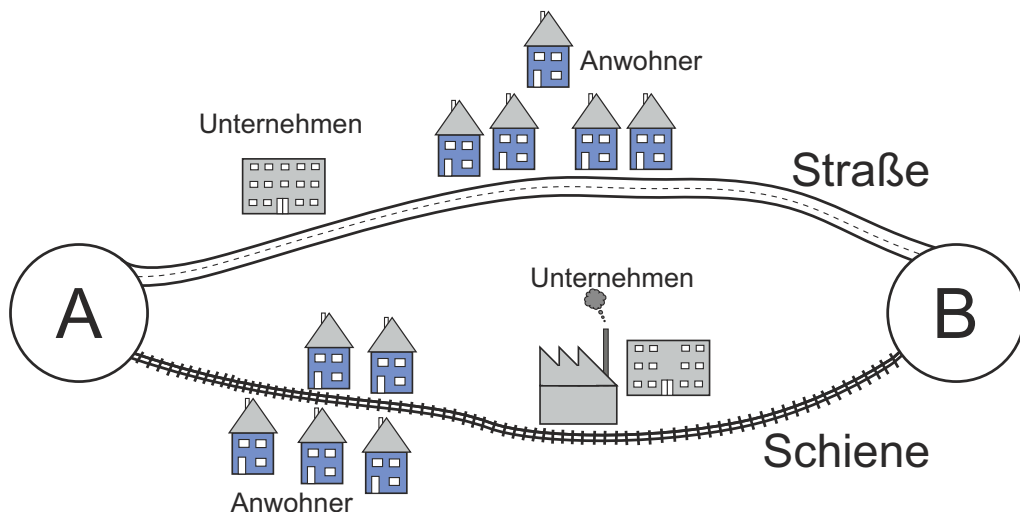


Abbildung 5.1.: Minimalbeispiel, Quelle: eigene Darstellung

Im Nullfall gilt aus Lärmschutzgründen eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf der Strecke von A nach B. Diese soll durch den Bau von Lärmschutzwänden entlang der Strecke im Planfall aufgehoben werden, sodass Züge auf der Strecke schneller fahren können. Somit sinken die Fahrzeit von A nach B und die Schallimissionen für die Anwohner.

Für die Analyse der Effekte wird unterstellt, dass aufgrund einer Unterauslastung der Züge im Nullfall alle zusätzlichen Fahrgäste des SPV im Planfall mit der bestehenden Anzahl an Zugfahrten auf der Verbindung befördert werden können.

5.2. Wirkungskette und betroffene Gruppen

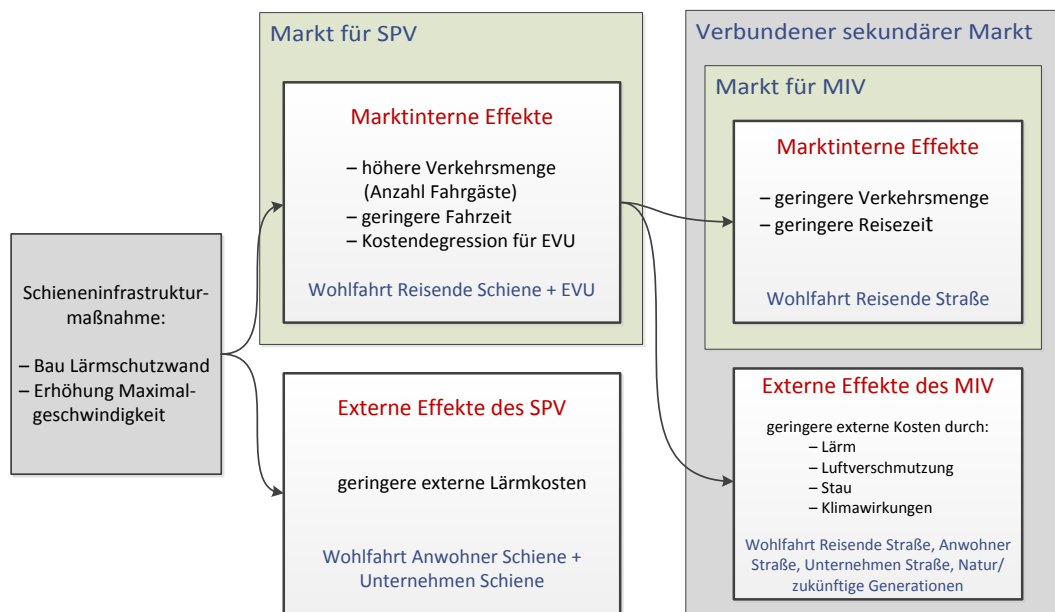


Abbildung 5.2.: Wirkungskette des Minimalbeispiels, Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 5.2 stellt die Auswirkungen der Maßnahme dar. Diese führen im Markt für Schienenverkehr dazu, dass die Reisezeit des SPV auf der Verbindung von A nach B sinkt und die Verkehrsmenge in Form eines höheren Fahrgastaufkommens zunimmt. Da angenommen wurde, dass das höhere Fahrgastaufkommen mit der bestehenden Zuganzahl auf der Verbindung abgewickelt werden kann, ergeben sich Skaleneffekte und damit geringere Durchschnittskosten pro Fahrgast für die EVU. Im Markt für Schienenverkehr sind also die Reisenden auf der Schiene und die EVU von der Maßnahme positiv betroffen.

Allgemein findet durch den Schienenverkehrslärm eine Externalität in die Nutzenfunktion der Anwohner und in die Produktionsfunktion der Unternehmen an der Schienenstrecke statt, da der gleiche Output (z.B. Hotelübernachtungen) aufgrund des Lärms teurer produziert werden muss (z.B. aufgrund der Aufwendungen für Schallschutzfenster). Die im Beispiel neu gebauten Lärmschutzwände führen nun zu geringeren Schallimmissionen bei den Anwohnern und Unternehmen und damit zu geringeren externen Kosten durch Lärm. Dadurch sind die beiden Gruppen „Anwohner“ und „Unternehmen“ entlang der Eisenbahnstrecke positiv betroffen bzw. weniger negativ betroffen als vorher.

Die internen Effekte im primär betroffenen Markt – dem Markt für Schienenverkehr – führen zu pekuniären Effekten auf verbundenen Märkten. Das vorliegende Minimalbeispiel beschränkt sich auf die exemplarische Darstellung der Effekte auf den MIV (in zukünftigen Analysen können weitere sekundäre Effekte ergänzt werden, z.B. Effekte auf Gewinne der Unternehmen, Geschäfte, Hotels etc., die von den gesunkenen Transportkosten und der besseren Erreichbarkeit profitieren). Im MIV-Markt ergeben sich wieder marktinterne Effekte, nämlich eine Abnahme der Verkehrsmenge aufgrund der Umsteiger vom MIV auf den SPV. Aufgrund der geringeren Verkehrsmenge sinkt auch die Reisezeit auf der Straße,

Tabelle 5.1.: Effekte der Schieneninfrastrukturmaßnahme und betroffene Gruppen

	intern	extern	pekuniär
<u>EFFEKTE:</u>	<ul style="list-style-type: none"> – Verkehrsmenge ↑ – Fahrzeit ↓ – Kosten EVU ↓ 	<ul style="list-style-type: none"> externe Lärmkosten ↓ 	Effekte auf MIV: <ul style="list-style-type: none"> – Verkehrsmenge ↓ – Fahrzeit ↓ – externe Kosten ↓
<u>BETROFFENE:</u>	<ul style="list-style-type: none"> – Konsumenten: Reisende SPV – Produzenten: EVU 	<ul style="list-style-type: none"> – Anwohner der Schienenstrecke – Unternehmen an der Schienenstrecke 	<ul style="list-style-type: none"> – im MIV-Markt von <i>internen</i> und <i>externen</i> Effekten Betroffene: Reisende MIV – von <i>externen</i> Effekten des MIV Betroffene außerhalb des Marktes: <ul style="list-style-type: none"> – Anwohner Straße – Unternehmen an der Straße – Natur/zukünftige Generationen

da weniger Autofahrer sich gegenseitig externe Kosten durch Verlangsamung – die bei Erreichen der Kapazitätsgrenze zu Stau führen – aufbürden (eine genauere Betrachtung dieses Effekts erfolgt im Unterkapitel 5.3).

Durch die geringere Verkehrsmenge auf der Straße sinken also sowohl die externen Effekte durch Stau innerhalb des Verkehrsträgers Straße, wodurch die MIV-Nutzer positiv betroffen sind. Es sinken aber auch die externen Effekte auf Betroffene außerhalb des MIV-Marktes, nämlich auf die Unternehmen und Anwohner an der Straße, die weniger externe Kosten durch Lärm und Luftverschmutzung zu tragen haben. Weiterhin profitieren die Natur bzw. die Umwelt und zukünftige Generationen von den geringeren externen Kosten durch Klimawirkungen des Straßenverkehrs.

Tabelle 5.1 fasst die Gruppen, die direkt oder indirekt von der Schieneninfrastrukturmaßnahme betroffen sind, zusammen.

5.3. Effekte der Verkehrsverlagerung

Das folgende Unterkapitel soll abschließend die Effekte der Verkehrsverlagerung vom MIV auf den SPV qualitativ betrachten und analysieren, wie eine Verkehrsverlagerung zu einer Reisezeiterparnis auf der Straße führt. Eine Nutzenmessung wird nicht vorgenommen.

Durch die Reisezeitsenkung aufgrund der Schieneninfrastrukturmaßnahme kommt es zu einer höheren Verkehrsmenge im SPV, welche im vorliegenden Minimalbeispiel aus von der Straße verlagertem Verkehr besteht.

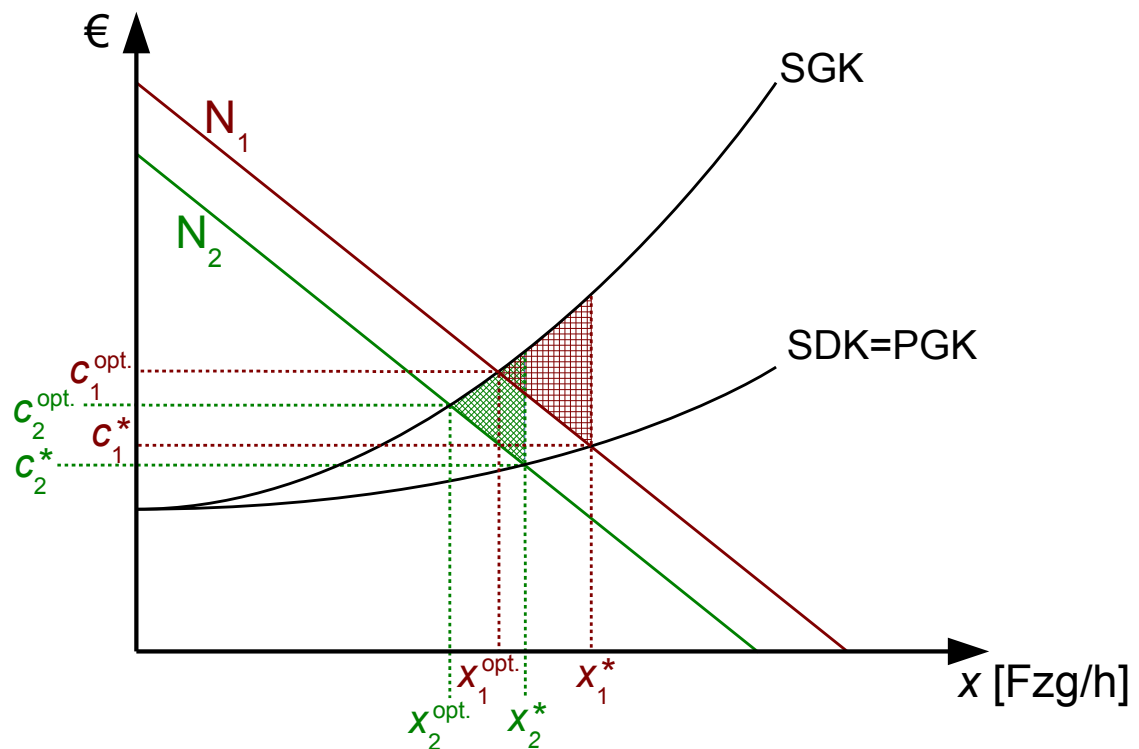


Abbildung 5.3.: Senkung generalisierter Kosten im Straßenverkehr bei Rückgang der Nachfrage, Quelle: eigene Darstellung, aufbauend auf Button 2004, S. 7

Die Situation des MIV ist in Abbildung 5.3 dargestellt. Auf der Abszisse ist der Verkehrsfluss x der Straße in einer Richtung von A nach B in der Einheit Fahrzeuge pro Stunde abgetragen. Jeder Autofahrer, der auf die Straße auffährt, berücksichtigt seine privaten Zeitkosten, seine Fahrzeugbetriebskosten und die Staukosten, die er selbst zu tragen hat, welche bei vielen Nutzern den durchschnittlichen sozialen Kosten (SDK) entsprechen (Button 2004, S. 6). Die SDK entsprechen also den privaten Grenzkosten (PGK) für eine Fahrt von A nach B und werden vom Autofahrer getragen.

Ein zusätzlicher Autofahrer verlangsamt jedoch alle anderen Autofahrer auf der Strecke marginal und berücksichtigt damit nicht die Kosten, die er allen Fahrzeugen, die schon auf der Straße fahren, durch seine Fahrt zufügt (Button 2004, S. 7). Er verursacht daher einen externen Effekt auf alle anderen Autofahrer. Die externen Kosten, die bei allen anderen Autofahrern anfallen, entsprechen der Differenz aus den SGK und den PGK/SDK in Abbildung 5.3.

Der steigende Verlauf der PGK-/SDK-Kurve ergibt sich aus den straßenverkehrstechnischen Zusammenhängen zwischen Verkehrsfluss und Geschwindigkeit (vgl. dazu Morrison 1986, S. 88). Vereinfacht gesagt: Bei geringem Verkehrsfluss – also bei geringer Auslastung auf der Strecke – sind die Zeitverluste, die ein zusätzlicher Autofahrer bei allen anderen Autofahrern verursacht, gering. Je mehr Autos auf einer Strecke unterwegs sind, desto stärker verlangsamt ein zusätzliches Auto den Verkehrsfluss. Bei Erreichen der Kapazitätsgrenze steigen die generalisierten Kosten also stark an.

Zunächst wird die Situation vor der Schieneninfrastrukturmaßnahme betrachtet. Dann gilt die Nachfragefunktion N_1 für Fahrten von A nach B mit dem MIV.

Da jeder Autofahrer die extern anfallenden Zeitverluste bei anderen Autofahrern durch seine Fahrt nicht berücksichtigt, stellt sich die tatsächliche Verkehrsmenge x_1^* ein und die generalisierten Kosten c_1^* . Die sozial optimalen Kosten für eine Fahrt von A nach B wären jedoch die Kosten $c_1^{\text{opt.}}$ bei der geringeren Verkehrsmenge $x_1^{\text{opt.}}$. Bei Realisierung von $c_1^{\text{opt.}}$ könnte der WFV (rot schraffierte Fläche in Abbildung 5.3) vermieden werden.

Nun verschiebt sich die Nachfragefunktion von N_1 auf N_2 aufgrund der Verkehrsverlagerung vom MIV auf den SPV. Dadurch sinkt die tatsächliche Verkehrsmenge von x_1^* auf x_2^* und die generalisierten Kosten sinken auf c_2^* . Auch der WFV durch die externen Staukosten vermindert sich. Er beträgt die grün schraffierte Fläche in Abbildung 5.3. Die sozial optimale Verkehrsmenge wäre jetzt $x_2^{\text{opt.}}$, die sozial optimalen generalisierten Kosten $c_2^{\text{opt.}}$.

Damit konnte gezeigt werden, dass aufgrund der Verkehrsverlagerung vom MIV auf den SPV die externen Staukosten, der WFV durch die externen Staukosten, die generalisierten Kosten und damit die tatsächliche Reisezeit auf der Straße sinken.

Abschließend muss darauf hingewiesen werden, dass Rückkopplungseffekte der Verkehrsverlagerung ausgeschlossen wurden: Es wurde gezeigt, dass die Reisezeit auf der Straße sinkt, was in einer Rückkopplung die ursprünglich gestiegene Nachfrage des SPV etwas abmindern würde. Die Folge wäre wieder eine partielle Rückverlagerung vom SPV auf den MIV und damit eine Abschwächung des ursprünglichen Verlagerungseffekts.

6. Fazit

Die vorliegende Arbeit hat ökonomische Effekte von Schieneninfrastrukturmaßnahmen untersucht. Nach einer kurzen Darstellung der Methodik der Bundesverkehrswegeplanung in Kapitel 2 wurde die Integrierte Bewertung von Schieneninfrastrukturmaßnahmen vorgestellt, welche am Institut für Verkehrssystemtechnik des DLR entwickelt wird.

Kapitel 3 widmete sich den Grundlagen der KNA, welche ein weit verbreitetes Instrument bei der Bewertung der Vorteilhaftigkeit staatlicher Investitionen ist und insbesondere bei der Bewertung von Infrastrukturmaßnahmen im Verkehrsbereich angewendet wird. In Kapitel 3.2 wurde näher auf die mikroökonomischen Grundlagen einer KNA eingegangen. Dort stellte sich heraus, dass die Nutzenmessung in der ökonomischen Theorie nicht trivial ist. Einige theoretische Probleme, z.B. der Einkommenseffekt, machen hier die Bestimmung kompensierter Nachfragefunktionen erforderlich. Es zeigte sich jedoch auch, dass für die praktische Durchführung einer Bewertung diese theoretischen Probleme eher untergeordneter Natur sind.

Kapitel 4 widmete sich dann der Untersuchung ökonomischer Effekte von Schieneninfrastrukturmaßnahmen, wobei der Fokus auf die Effekte durch die Änderungen im verkehrlichen Betrieb der Infrastruktur gelegt worden ist. Hier gibt es makroökonomische Ansätze (vgl. Kapitel 4.1), die den Zusammenhang zwischen aggregierten Infrastrukturinvestitionen und makroökonomischen Größen wie dem volkswirtschaftlichen Wachstum abbilden. Daneben gibt es mikroökonomische Ansätze, die die auftretenden Effekte von einer niedrigeren Aggregationsebene betrachten. Ausgehend von der Theorie der KNA wurden in Kapitel 4.2 Effekte in interne, technologische externe und pekuniäre Effekte unterschieden und verschiedene Betroffene innerhalb und außerhalb des Marktes identifiziert. Da eine mikroökonomische partialanalytische Betrachtungsweise nicht alle Wirkungen erfassen kann, lieferte Kapitel 4.3 einen Ausblick auf allgemeine Gleichgewichtsmodelle, womit Gleichgewichtszustände auf mehreren Märkten abgebildet und analysiert werden können.

Abschließend wurde in Kapitel 5 anhand eines Minimalbeispiels eine Wirkungskette ausgehend von einer Schieneninfrastrukturmaßnahme präzisiert und theoretische Überlegungen zu Effekten der Verkehrsverlagerung von anderen Verkehrsträgern angestellt.

Damit hat die vorliegende Arbeit einen Beitrag zur Darstellung von Wirkungszusammenhängen geleistet. Die nachvollziehbare Abbildung von Wirkungen und der Bezug zu den konkreten Parametern der Infrastrukturmaßnahme kann möglicherweise die Akzeptanz verschiedener Maßnahmen erhöhen und dadurch Konflikte vermeiden und Planungsprozesse beschleunigen.

A. Anhang

A.1. Outputelastizität einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion

Nun folgt der Beweis, dass die Exponenten α , β und γ einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion die Output-Elastizitäten für Kapital, Arbeit und öffentliche Infrastruktur angeben.

Die Output-Elastizität eines Produktionsfaktors gibt an, um wie viel Prozent der Output steigt, wenn der Einsatz des betrachteten Faktors um ein Prozent erhöht wird (Ragnitz et al. 2013, S. 59). Dies entspricht dem mathematischen Ausdruck

$$\frac{\partial Y}{\partial G} \cdot \frac{G}{Y} \quad (\text{A.1.1})$$

Dabei sei Y eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion der Form

$$Y = P \cdot K^\alpha L^\beta G^\gamma \quad (\text{A.1.2})$$

Daraus folgt für die Outputelastizität:

$$\frac{\partial Y}{\partial G} \cdot \frac{G}{Y} = P \cdot K^\alpha L^\beta \cdot \gamma \cdot G^{\gamma-1} \frac{G}{P \cdot K^\alpha L^\beta G^\gamma} \quad (\text{A.1.3})$$

Durch Kürzen ergibt sich

$$\frac{\partial Y}{\partial G} \cdot \frac{G}{Y} = \gamma \cdot G^{\gamma-1} \frac{G}{G^\gamma} = \gamma \cdot G^{\gamma-1} \cdot G^{1-\gamma} \quad (\text{A.1.4})$$

und daraus:

$$\frac{\partial Y}{\partial G} \cdot \frac{G}{Y} = \gamma \quad (\text{A.1.5})$$

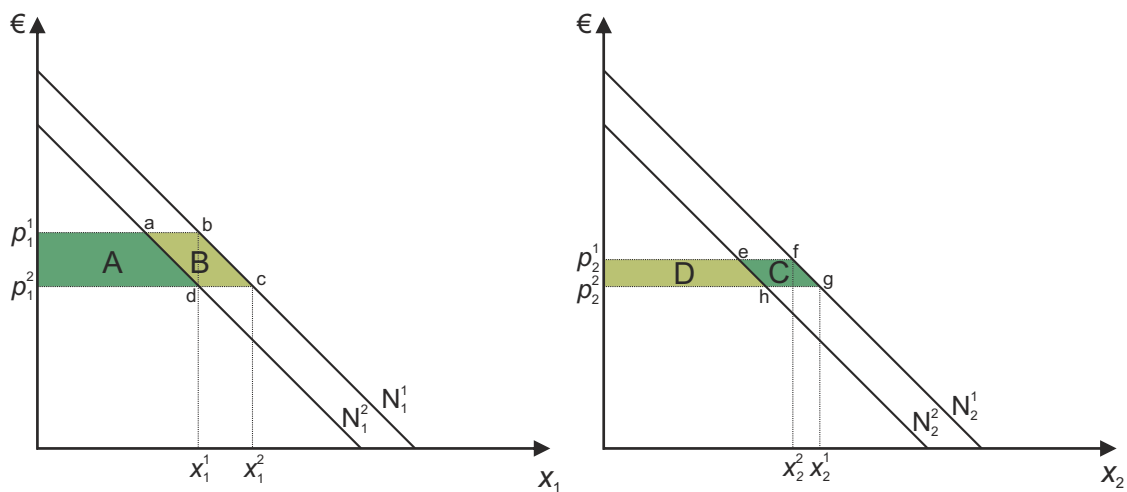
Damit konnte gezeigt werden, dass bei einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion der Exponent des betrachteten Produktionsfaktors der entsprechenden Outputelastizität des Produktionsfaktors entspricht.

A.2. Pfadabhängigkeitsproblem

In Kapitel 3.2.4 wurde das Problem der Pfadabhängigkeit kurz angesprochen. Dieses soll in diesem Abschnitt als Ergänzung theoretisch analysiert werden.

Das Pfadabhängigkeitsproblem kann auftreten, wenn die Wirkungen eines Projektes auf mehreren Märkten stattfinden und somit multiple Preisänderungen auf mehreren verbundenen Märkten als Projektwirkungen gezählt werden müssen. Obwohl am Ende für den Haushalt identische Preisverhältnisse erreicht werden, können die berechneten Wohlfahrtsänderungen voneinander abweichen, je nachdem, welcher Pfad der Preisänderung verfolgt wird (Mühlenkamp 1994, S. 42).

Zum Beispiel kann für die Analyse der Wohlfahrtswirkungen unterstellt werden, dass sich zuerst der Preis auf Markt 1 verändert. In Folge von Anpassungsreaktionen auf einem zweiten Markt verändert sich anschließend der Preis auf Markt 2. Wenn dieser erste Pfad verfolgt wird, so ist zuerst die Konsumentenrente auf Markt 1 zu messen und anschließend – nach der Verschiebung der Nachfragekurve auf Markt 2 – die durch die Verschiebung der Nachfragekurve induzierte zusätzliche Konsumentenrente auf dem verbundenen Markt hinzu zu zählen. Würde aber der zweite Pfad unterstellt, nämlich eine zuerst stattfindende Preisänderung auf Markt 2 und anschließend auf Markt 1, so würde sich das Analyseergebnis vom ersten Fall unterscheiden (vgl. Mühlenkamp 1994, S. 42 ff.).



Abbildungung A.1.: Pfadabhängigkeit der Marshall'schen Konsumentenrente im 2-Güter-Fall,
Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Mühlenkamp 1994, S. 43

Die Problematik der Pfadabhängigkeit ist in Abbildung A.1 dargestellt. Dabei wird unterstellt, dass durch ein öffentliches Projekt die Preise für die Güter x_1 und x_2 fallen. Die nachfolgende Erläuterung basiert auf Mühlenkamp 1994, S. 43 f.

- Pfad 1: Zuerst sinkt der Preis für Gut 1, anschließend der Preis für Gut 2

Im Markt für Gut 1 fällt den Konsumenten durch die Preissenkung von p_1^1 auf p_1^2 eine Rente A+B zu. Die Nachfragekurve N_1^1 bleibt dabei unverändert. Die Preissenkung von x_1 führt anschließend auf dem substitutiven Markt für x_2 zu einem Nachfragerückgang, sodass sich die Nachfragefunktion von N_2^1 auf N_2^2 verschiebt.

Den im zweiten Markt verbliebenen Konsumenten fällt dadurch die Rente D zu. Die Wohlfahrtswirkungen des Projektes sind im ersten Pfad die Flächen A+B+D.

- Pfad 2: Zuerst sinkt der Preis für Gut 2, dann der Preis für Gut 1

Jetzt fällt den Konsumenten im Markt für Gut 2 durch die Preissenkung von p_2^1 auf p_2^2 eine Rente D+C zu. Die Nachfragekurve N_2^1 bleibt dabei unverändert. Durch die Preissenkung von x_2 sinkt die Nachfrage für x_1 von N_1^1 auf N_1^2 . Die Konsumenten von x_1 gewinnen durch die resultierende Preissenkung von p_1^1 auf p_1^2 die zusätzliche Rente A. Die Wohlfahrtswirkungen des Projektes sind bei Analyse nach dem zweiten Pfad die Flächen D+C+A.

Dabei gilt, dass die Flächen A+B+D nicht den Flächen D+C+A entsprechen müssen. Obwohl die Preisverhältnisse am Ende für den Haushalt identisch sind, können die Wohlfahrtswirkungen voneinander abweichen, je nachdem, welcher Pfad der Preisänderung bei der Analyse verfolgt wurde (Mühlenkamp 1994, S. 44).

A.3. Total benefit Methode

Der vorliegende Abschnitt stellt die „total benefit Methode“ dar. Zur ausführlichen Beweisführung vgl. Mühlenkamp (1994, S. 33 f.).

Es werden folgende Annahmen getroffen:

- Nur die beiden Güter x_1 und x_2 werden angeboten (2-Güter-Ökonomie).
- Die Nachfrage beider Güter hängt voneinander ab.
- Das Einkommen der Haushalte bleibt konstant.

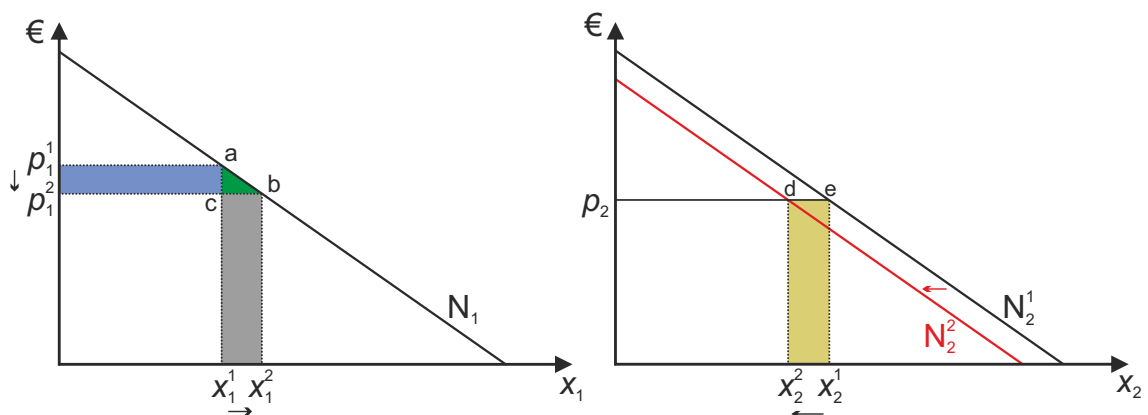


Abbildung A.2.: Wohlfahrtsveränderungen nach der total benefit Methode, Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Mühlenkamp 1994, S. 32

Eine Preissenkung für das Gut 1 von p_1^1 auf p_1^2 führt, wie in Abbildung A.2 ersichtlich, zu einer Steigerung der nachgefragten Menge von x_1^1 auf x_1^2 . Dafür werden auf dem Markt für Gut 1 zusätzliche finanzielle Mittel in Höhe der grauen Fläche $x_1^1 c b x_1^2$ aufgewendet. Da die bisher bereits nachgefragten Einheiten x_1^1 auch günstiger werden, sparen die Haushalte auf dem ersten Markt einen Betrag in Höhe der blauen Fläche $p_1^1 a c p_1^2$ ein. Insgesamt werden

auf dem ersten Markt also Mehrausgaben in Höhe von $x_1^1 cbx_1^2 - p_1^1 acp_1^2$ getätigt (graue Fläche – blaue Fläche).

Auf dem Markt für Gut 2 verschiebt sich die Nachfragekurve von N_2^1 auf N_2^2 aufgrund der Preissenkung für Gut 1 und der substitutiven Beziehung beider Güter. Auf dem Markt für Gut 2 sinkt die gehandelte Menge von x_2^1 auf x_2^2 , die Haushalte sparen den Betrag in Höhe der gelben Fläche $x_2^2 dex_2^1$. Bei unverändertem Haushaltseinkommen müssen die Mehrausgaben für Gut 1 den Minderausgaben für Gut 2 entsprechen:

$$x_1^1 cbx_1^2 - p_1^1 acp_1^2 = x_2^2 dex_2^1 \quad (\text{A.3.1})$$

Da sich die Änderung der Konsumentenrente aus der blauen und der grünen Fläche zusammensetzt folgt:

$$\Delta KR = p_1^1 abp_1^2 = p_1^1 acp_1^2 + abc \quad (\text{A.3.2})$$

Umstellen von A.3.1 und Einsetzen in A.3.2 liefert:

$$p_1^1 abp_1^2 = x_1^1 cbx_1^2 - x_2^2 dex_2^1 + abc \quad (\text{A.3.3})$$

$x_1^1 cbx_1^2 + abc$ entspricht der Summe aus der grauen und der grünen Fläche:

$$x_1^1 cbx_1^2 + abc = x_1^1 abx_1^2 \quad (\text{A.3.4})$$

Umstellen von A.3.4 nach $x_1^1 cbx_1^2$ und Einsetzen in A.3.3 liefert:

$$p_1^1 abp_1^2 = x_1^1 abx_1^2 - x_2^2 dex_2^1 \quad (\text{A.3.5})$$

Der erste Term auf der rechten Seite von Gleichung A.3.5 entspricht der Zahlungsbereitschaft für die zusätzliche Nachfrage nach Gut 1 (graue und grüne Fläche in Abbildung A.2), der zweite Term entspricht den Minderausgaben für Gut 2 (gelbe Fläche). Die linke Seite von Gleichung A.3.5 beschreibt nichts anderes als die zusätzliche Konsumentenrente durch die Preissenkung im ersten Markt.

Aus Gleichung A.3.5 folgt also, dass die Konsumentenrente die Wohlfahrtsveränderung auf beiden Märkten vollständig erfasst. Dies ist auch im allgemeinen Fall mit mehr als 2 Gütern gültig, da x_2 dann den Vektor aller anderen Güter bezeichnet. Die hier dargelegte Methode gilt aber nur für konstante Einkommen und konstante Preise aller übrigen Güter (Mühlenkamp 1994, S. 34).

A.4. Beispiele für verkehrliche und nichtverkehrliche Nutzen

Tabelle A.1.: Beispiele für interne, technologische externe und pekuniäre verkehrliche und nichtverkehrliche Nutzen, Quelle: eigene und teilweise gekürzte Darstellung in Tabellenform, basierend auf Sommer et al. 1993, S. 51

	verkehrlicher Nutzen	nichtverkehrlicher Nutzen
<u>INTERN:</u>	<ul style="list-style-type: none"> – Verringerte Transportkosten – Produktivitätsgewinne – Wachstumseffekte – Erschließungseffekte – Andere Gewinne/Ersparnisse – Nutzen des Opfers beim Notfalltransport – Reduktion externer Kosten 	<ul style="list-style-type: none"> – Nutzen aus nichtmotorisierter Benutzung – Optionsnutzen – Nutzen für Gesamtverteidigung – Unmittelbarer Nutzen aus dem Bau (Feuerschutz, Lawinenverbauung usw.)
<u>EXTERN:</u>	<ul style="list-style-type: none"> – Nutzen der Allgemeinheit beim Notfalltransport von Opfern – Freude beim Beobachten von vorbeifahrenden Fahrzeugen – Informationsrohstoff 	<ul style="list-style-type: none"> – Freude beim Beobachten von z.B. vorbeifahrenden Rodlern – Informationsrohstoff
<u>PEKUNIÄR:</u>	<ul style="list-style-type: none"> – Gewinne bei Nichtbenutzern aus: <ul style="list-style-type: none"> - Wachstumseffekten - verbilligten Transportkosten - Reorganisations- u. Skalenerträgen - größerem Absatz- u. Arbeitskräftepotential – Gewinne aus Wertsteigerung von Grundstücken – Einkommens- und Beschäftigungseffekte 	<ul style="list-style-type: none"> Beschäftigungs- und Einkommenseffekte (aus dem Bau oder der nichtmotorisierten Benutzung)

A.5. Nichtverkehrliche Nutzen

Nachfolgend werden als weiterführende Ergänzung einige nichtverkehrliche Nutzen unter Bezug auf Tabelle A.1 erläutert.

Interne nichtverkehrliche Nutzen können sein:

- Nutzen aus der nichtmotorisierten Benutzung

Damit sind Nutzen gemeint, die nicht durch Teilnehmer des Verkehrs verursacht werden, sondern durch andere Nutzergruppen, die zugleich Produzent und Nutznießer dieser Effekte sind. Beispielsweise fällt Händlern ein Nutzen zu, wenn sie eine Straße als Verkaufs-, Lager- oder Umschlagplatz von Gütern benutzen. (Sommer et al. 1993, S. 79).

- Optionsnutzen

Durch die Existenz der (Schienen-) Infrastruktur entsteht die Option, diese in Zukunft einmal zu benutzen, z.B. bei Katastrophen, Unfällen, Evakuierungen, Sperren von Straßen etc.

„Das entscheidende Merkmal des Optionsnutzens besteht (...) darin, dass er unabhängig von der tatsächlichen Nutzung der Verkehrsinfrastruktur anfällt. (...) Der Optionsnutzen stellt daher einen internen nichtverkehrlichen Nutzen dar“ (Sommer et al. 1993, S. 81). Die zusätzliche Bahnfahrt einer Person A beeinflusst nicht den Optionsnutzen der Person B.

- Nutzen für die Gesamtverteidigung

Auch dieser Nutzen besteht in einem Optionsnutzen, sich im Verteidigungsfall bewegen und ein Ziel schnell erreichen zu können. Jeanrenaud und Schwab (1989, S. 74) weisen darauf hin, dass auch die Angriffsmöglichkeiten des Gegners zunehmen und deshalb die Kosten der Verteidigung des Territoriums steigen. Der Nettonutzen dürfte daher sehr gering ausfallen.

- Nutzen aus dem Bau

Sommer et al. (1993, S. 82) nennen als Beispiele

- den Feuerschutz einer zusätzlichen Straße in urbanen Räumen,
- den Lawinenschutz einer Straße, der auch ein darunter liegendes Dorf vor Lawinen schützt, sowie
- die Straße als Aufnahmemedium von Telefon-/Stromleitungen und Abwasserkanälen.

In diesen drei Beispielen sei das Ausmaß des Nutzens völlig unabhängig davon, ob die Straße von Verkehrsmitteln benutzt wird oder nicht (Sommer et al. 1993, S. 82). Der Verfasser dieser Arbeit äußert jedoch Bedenken, ob die Effekte nicht eher den technologischen externen nichtverkehrlichen Nutzen zuzuordnen sind, da die drei

genannten Nutzen aus dem Bau direkt in die Nutzen- bzw. Produktionsfunktion anderer Akteure (Anwohner, Dorfbewohner, Telefonanbieter) wirken.

Pekuniäre nichtverkehrliche Nutzen sind beispielsweise Einkommens- und Beschäftigungseffekte aus dem Bau oder der nichtmotorisierten Benutzung. Vom Bau einer Schienenstrecke profitieren z.B. Bauunternehmen in Form von Einkommen und Beschäftigung. Dieser Nutzen fällt unabhängig davon an, ob und wie die Schiene später benutzt wird. Der Nutzenzuwachs ist ein pekuniärer Nutzen, da er sich aufgrund veränderter Marktverhältnisse einstellt: eine höhere Nachfrage in der Baubranche führt beispielsweise zu steigenden Löhnen. Zu beachten ist außerdem, dass unter der Annahme von Vollbeschäftigung die Bauarbeiter einer anderen Beschäftigung nachgegangen wären und deshalb als Nutzen höchstens die Differenz zwischen dem Einkommen aus dem Straßenbau und einer anderen Beschäftigung ausgewiesen werden darf. (Sommer et al. 1993, S. 83)

Technologische externe Nutzen und Kosten aus der nichtverkehrlichen Benutzung der Infrastruktur sind analog zu den technologischen externen Effekten aus der verkehrlichen Nutzung (theoretische Analyse in Abschnitt 4.2.3) zu verstehen. Beispiele hierfür sind die Freude beim Betrachten von vorbeifahrenden Rodlern oder der Informationsrohstoff aus der nichtverkehrlichen Nutzung (z.B. Schlitten fahren), der Journalisten zur Publikation zur Verfügung steht (Sommer et al. 1993, S. 83 f.).

Literaturverzeichnis

Literatur

- Abay, G. (1984): *Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen*, ADAG Administration und Druck AG, Zürich.
- Aschauer, D.A. (1989): „Is public expenditure productive?“, *Journal of Monetary Economics*, Jahrgang 23, S. 177–200.
- Banister, D. und M. Thurstain-Goodwin (2011): „Quantification of the non-transport benefits resulting from rail investment“, *Journal of Transport Geography*, Jahrgang 19, S. 212–223.
- Boardman, A. E., D. H. Greenberg, A. R. Vining und D. L. Weimer (2006): *Cost-benefit-analysis, concepts and practice*, 3. Auflage, Pearson Education, Upper Saddle River.
- Bröcker, J. und J. Mercenier (2011): „General equilibrium models for transportation economics“, in: A. de Palma, R. Lindsey, E. Quinet und R. Vickerman (Hrsg.): *A Handbook of Transport Economics*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham (UK), Northampton (USA), S. 21–45.
- Brümmerhoff, D. (2011): *Finanzwissenschaft*, 10. Auflage, Oldenbourg Verlag, München.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2012): *Konzept zur Öffentlichkeitsbeteiligung im Rahmen der Erarbeitung des Bundesverkehrswegeplans 2015, Stand: Juni 2012*, verfügbar unter: http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/bvwp-konzept-oeffentlichkeitsbeteiligung.pdf?__blob=publicationFile (abgerufen am 22.07.2014).
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (BMVBW) (2003): *Bundesverkehrswegeplan 2003, Grundlagen für die Zukunft der Mobilität in Deutschland*, Berlin, verfügbar unter: <http://www.bmvi.de/cae/servlet/contentblob/34254/publicationFile/10825/bundesverkehrswege-plan-2003-beschluss-der-bundesregierung-vom-02-juli-2003.pdf> (abgerufen am 02.07.2014).
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (BMVBW) (2005): *Bundesverkehrswegeplan 2003, Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik, Stand 2005*, Berlin, verfügbar unter: http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/bundesverkehrswegeplan-2003-bewertungsmethodik.pdf?__blob=publicationFile (abgerufen am 02.07.2014).

- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2014b): *Grundkonzeption für den Bundesverkehrswegeplan 2015*. verfügbar unter: http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/bvwp-2015-grundkonzeption-langfassung.pdf?__blob=publicationFile (abgerufen am 22.07.2014).
- Bussmann, A., B. Scheier, F. Brinkmann, T. Böhm und K. Lemmer (2014a): *Integrierte Bewertung von Schieneninfrastrukturmaßnahmen, 24. Verkehrswissenschaftliche Tage Dresden, 20.-21.03.2014*, verfügbar unter: <http://elib.dlr.de/88710/> (abgerufen am 21.07.2014).
- Button, K. (1994): „Overview of Internalising the Social Costs of Transport“, in: European Conference of Ministers of Transport (ECMT) (Hrsg.): *Internalising the Social Costs of Transport*, Organisation for Economic Co-operation und Development (OECD), Paris, S. 7–30.
- Button, K. (2004): „The rationale for road pricing: standard theory and latest advances“, *Research in Transportation Economics*, Jahrgang 9, S. 3–25.
- Duggal, V. G., C. C. Saltzman und L. R. Klein (1999): „Infrastructure and Productivity: A Nonlinear Approach“, *Journal of Econometrics*, Jahrgang 92, S. 47–74.
- Flyvbjerg, B., N. Bruzelius und W. Rothengatter (2003): *Megaprojects and Risk, An Anatomy of Ambition*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Fujita, M., P. Krugman und A. J. Venables (2001): *The Spatial Economy, Cities, Regions, and International Trade*, MIT Press, Cambridge (Massachusetts), London (England).
- Gollier, C. und M. L. Weitzman (2010): „How should the distant future be discounted when discount rates are uncertain?“, *Economics Letters*, Jahrgang 107, Ausgabe 3, S. 350–353.
- Goodwin, P. B. (1974): „Generalised Time and the Problem of Equity in Transport Studies“, *Transportation*, Jahrgang 3, S. 1–24.
- Gramlich, E. M. (1994): „Infrastructure Investment: A Review Essay“, *Journal of Economic Literature*, Jahrgang 32, Ausgabe 3, S. 1176–1196.
- Gühnemann, A. und D. Strauch (2003): „Neue (Bewertungs-)Verfahren in der Verkehrsplanung“, in: C. Elineau, A. Hänel und M. Kurbatsch (Hrsg.): *Arbeitsberichte des Verkehrswesen Seminars der TU Berlin*, Band 6, S. 35–49, ISBN: 3-7983-1901-4, verfügbar unter: <http://elib.dlr.de/6682/> (abgerufen am 12.08.2014).
- Hanusch, H., G. Ilg und M. Jung (2011): *Nutzen-Kosten-Analyse*, 3. Auflage, Franz Vahlen, München.
- Hicks, J. R. (1943): „The Four Consumer’s Surpluses“, *The Review of Economic Studies*, Jahrgang 11, Ausgabe 1, S. 31–41.
- Intraplan, Planco und TU Berlin Science Marketing (2014): *Grundsätzliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung, FE-Projektnr.: 96097/2011, Entwurf des Endberichts, 19. März 2014*, Essen, Berlin, München, verfügbar unter: <http://www.bmvi.de/>

- SharedDocs / DE / Anlage / VerkehrUndMobilitaet / bwvp-2015- ueberpruefung- nka-entwurf-schlussbericht.pdf?__blob=publicationFile (abgerufen am 16. 07. 2014).
- Intraplan Consult GmbH (ITP) und Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH (VWI) (2006): *Standardisierte Bewertung von Verkehrsweeinvestitionen des ÖPNV und Folgekostenrechnung, Version 2006*, Intraplan, München.
- Jeanrenaud, C. und N. Schwab (1989): *Externe Vorteile der Strasseninfrastruktur, Bericht zuhanden des Bundesamtes für Statistik (EDI) und des Dienstes für Gesamtverkehrsfragen (EVED)*, Institut de recherches économiques et régionales, Université de Neuchâtel, Neuchâtel/Bern.
- Jochimsen, R. (1966): *Theorie der Infrastruktur*, J. C. B. Mohr (Paul Siebek), Tübingen.
- Kleinewefers, H. (2008): *Einführung in die Wohlfahrtsökonomie, Theorie – Anwendung – Kritik*, Kohlhammer, Stuttgart.
- Lakhsmanan, T. R., P. Nijkamp, P. Rietveld und E. T. Verhoef (2001): „Benefits and costs of transport, Classification, Methodologies and policies“, *Papers in regional science*, Jahrgang 80, S. 139–164.
- Lakshmanan, T. R. (2011): „The broader economic consequences of transport infrastructure investments“, *Journal of Transport Geography*, Jahrgang 19, S. 1–12.
- Lakshmanan, T. R. und W. P. Anderson (2002): *Transportation Infrastructure, Freight Service Sector and Economic Growth, A White Paper prepared for The U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration*.
- Mankiw, N. G. und M. P. Taylor (2012): *Grundzüge der Volkswirtschaftslehre*, 5. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart.
- Mitchell, R. C. und R. T. Carson (1989): *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*, Resources for the Future, Washington, D. C.
- Morrison, S. A. (1986): „A survey of road pricing“, *Transportation Research A*, Jahrgang 20A, Ausgabe 2, S. 87–97.
- Musgrave, R. A., P. B. Musgrave und L. Kullmer (1994): *Die öffentlichen Finanzen in Theorie und Praxis*, Band 1, 6. Auflage, J. C. B. Mohr (Paul Siebek), Tübingen.
- Mühlenkamp, H. (1994): *Kosten-Nutzen-Analyse*, Oldenbourg, München, Wien.
- Ragnitz, J., A. Eck, S. Scharfe, C. Thater und B. Wieland (2013): *Endbericht zum Forschungsvorhaben 'Öffentliche Infrastrukturinvestitionen: Entwicklung, Bestimmungsfaktoren und Wachstumswirkungen'*, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, ifo Institut, Dresden.
- Romp, W. und J. de Haan (2007): „Public Capital and Economic Growth: A Critical Survey“, *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, Jahrgang 8, S. 6–52.
- Schade, W., C. Doll, M. Maibach, M. Peter, F. Crespo, D. Carvalho, G. Caiado, M. Conti, A. Lilico und N. Afraz (2006): *COMPETE Final Report: Analysis of the contribution of transport policies to the competitiveness of the EU economy and comparison with the United States*, Funded by European Commission – DG TREN, Karlsruhe, Germany.

- Sommer, H., R. Neuenschander und F. Walter (Ecoplan) (1993): *Externe Nutzen des Verkehrs, Wissenschaftliche Grundlagen*, Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Abteilung Nationale Forschungsprogramme, Bern, Altdorf, Zürich.
- Sommer, H., F. Walter (Ecoplan), P. Widmer und T. Buhl (Büro Widmer) (2004): *Wirkungsketten Verkehr – Wirtschaft, Analyse der Wechselwirkungen und Vorschlag für ein Indikatorensystem der wirtschaftlichen Aspekte eines nachhaltigen Verkehrs*, ASTRA, Altdorf, Frauenfeld.
- Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment (SACTRA) (1999): *Transport and the economy*, Department of the Environment, Transport and the Regions, London.
- van Suntum, U. (1986): *Konsumentenrente und Verkehrssektor*, Quaestiones Oeconomicae, Band 8, Duncker und Humblot, Berlin.
- Varian, H. R. (2011): *Grundzüge der Mikroökonomik*, 8. Auflage, Oldenbourg, München.
- Verhoef, E. (1994): „External effects and social costs of road transport“, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Jahrgang 28, Ausgabe 4, S. 273–287.
- Wieland, B. (2007): „Infrastruktur“, in: O. Schöller, W. Canzler und A. Knie (Hrsg.): *Handbuch Verkehrspolitik*, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, S. 376–404.
- Winkler, C. (2012): *Ein integriertes Verkehrsnachfrage- und Bewertungsmodell – Ansatz einer Synthese von Mikroökonomie und Verkehrsplanung*, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Heft 13/2012, Dresden.

Sonstiges

- Bundeshaushaltsordnung (BHO), in der Fassung der Bekanntmachung vom 19. August 1969 (BGBl. I S. 1284), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 15. Juli 2013 (BGBl. I S. 2395), verfügbar unter: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bho/gesamt.pdf> (abgerufen am 22.07.2014).
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2014a): *Bundesverkehrswegeplan 2015, Gesamtprozess und Zeitplan der Aufstellung*, verfügbar unter: <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/UI/bundesverkehrswegeplan-2015.html> (abgerufen am 02.07.2014).
- Busmann, A., B. Scheier, F. Brinkmann und T. Böhm (2014b): *Integrierte Bewertung von Schieneninfrastrukturmaßnahmen*, Beispielhafte Umsetzung einer Maßnahmenbewertung (unveröffentlicht).
- Gesetz über die Grundsätze des Haushaltsrechts des Bundes und der Länder (Haushaltsgrundsätzegesetz – HGrG), in der Fassung der Bekanntmachung vom 19. August 1969 (BGBl. I S. 1273), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. Juli 2013 (BGBl. I S. 2398), verfügbar unter: <http://www.gesetze-im-internet.de/hgrg/gesamt.pdf> (abgerufen am 22.07.2014).

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet und diese Arbeit nicht bereits in derselben oder einer ähnlichen Fassung an einer anderen Fakultät oder einem anderen Fachbereich zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Dresden, 13.08.2014

HORLEMANN, JONAS